

การศึกษาค้นคว้าของแผ่นดินไหวในประเทศไทย
ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างธรณีวิทยาของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
โดยอาศัยภาพถ่ายดาวเทียมแฉกที่เอ็ม-5

จัดทำโดย

ปัญญา จารุศิริ
สุวิทย์ โสสุวรรณ
วิไลนา ชูตั้ง
บุรินทร์ เวชภัณฑ์
รัศมี สุวรรณวีระกำจร
ธนวัฒน์ จารุพงษ์สูง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เล่มแรก

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ภายใต้เงินสนับสนุนการวิจัยจากกองสำรวจทรัพยากรธรณีวิทยาด้วยดาวเทียม

กรุงเทพฯ

2540

การศึกษาสาเหตุของแผ่นดินไหวในประเทศไทย
ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างธรณีวิทยาของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้
โดยอาศัยภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท ทีเอ็ม-5

จัดทำโดย

ปัญญา จารุศิริ
สุวิทย์ โคนสุวรรณ
วัฒนา ตูตี่จิ้น
นุรินทร์ เวชบันเทิง
รัศมี สุวรรณวีระกำจร
ธนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เสนอต่อ

สถาบันวิทยบริการ
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ภายใต้เงินสนับสนุนการวิจัยจากกองสำรวจทรัพยากรธรณีชาติด้วยดาวเทียม

กรุงเทพฯ

2540

**Studies on Causes of Earthquakes in Thailand
from SE Asian Geology Structures using Landsat TM-5 Images**

by

Punya Charusiri

Suwit Kosuwan

Wattana Tuteechin

Burin Vechbunthoen

Rasmi Suwanwerakamtorn

Thanawat Jarupongsakul

**A Final report submitted to National Research Council
of Thailand under the research grant from Thailand
Remote Sensing Center.**

Bangkok

1977

ผู้ดำเนินการวิจัย

1. นายชนวัฒน์ จารุพงษ์สกุล (หัวหน้าโครงการฯ)
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 218-5457
2. นายสุวิทย์ โคนสุวรรณ (ผู้ร่วมวิจัย)
ฝ่ายธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อม กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี โทร. 202-3753
3. นายวัฒนา ตูตี่จิ้น (ผู้ร่วมวิจัย)
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 218-5456
4. นายบุรินทร์ เวชบัณฑิต (ผู้ร่วมวิจัย)
สำนักแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา โทร. 399-4547
5. นางสาวรัศมี สุวรรณวีระกำจร (ผู้ร่วมวิจัย)
กองตำราวิทยากรรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการ
การวิจัยแห่งชาติ โทร. 579-0116
6. นายปัญญา จารุศิริ (ผู้วิจัยหลัก และประสานงานโครงการฯ)
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 218-5442-3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

“เรื่องของความตระหนกหรือความหวั่นวิตกนั้นเป็นเรื่องที่ห้ามกันไม่ได้
แต่ถ้าเรามีความตระหนักถึงความรู้ ความเข้าใจถึงกลไกและสาเหตุ
ตลอดถึงความเป็นไปได้ ของการเกิดแผ่นดินไหวแล้ว
เราก็จะทราบว่า แผ่นดินไหว อันเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติชนิดหนึ่ง
ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินแก่มนุษย์
นั้นมีโอกาสที่จะเกิดขึ้นในประเทศไทย
ในขนาดถึงขั้นที่จะเป็นมหันตภัยสำหรับพวกเรา จริงหรือ”

ดัดแปลงจากข้อความ รศ. สุภาพ ภูประเสริฐ 2533
ในการประชุมเรื่อง “แผ่นดินไหวที่คนไทยควรรู้”

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ(ภาษาไทย)	I
บทคัดย่อ(ภาษาอังกฤษ)	III
กิตติกรรมประกาศ	V
บทที่ 1	
บทนำ	1
1.1 คำนำ	1
1.2 คำจำกัดความ	5
1.3 ขนาดความรุนแรงของแผ่นดินไหว	5
1.4 เครื่องมือตรวจวัดและการหาจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว	9
1.5 หน่วยงานที่รับผิดชอบ	11
1.6 ข้อปฏิบัติจากการเกิดแผ่นดินไหว	13
บทที่ 2	
สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว	
2.1 ชนิดของการเกิดแผ่นดินไหว	19
2.2 ทฤษฎีกลไกการเกิดแผ่นดินไหว	20
2.3 โครงสร้างและส่วนประกอบแผ่นเปลือกโลกของประเทศไทย และประเทศใกล้เคียง	24
บทที่ 3	
ข้อมูลแผ่นดินไหว	
3.1 ข้อมูลเบื้องต้นทางประวัติศาสตร์	32
3.2 ข้อมูลจากเครื่องมือวัด	38
3.3 ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	41
บทที่ 4	
ข้อมูลภาพจากดาวเทียม	
4.1 แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างแปรสัณฐาน	68
4.2 ลักษณะโครงสร้างของประเทศพม่า	70
4.3 ลักษณะโครงสร้างของประเทศไทยตอนเหนือและตะวันตก	106
4.4 ลักษณะโครงสร้างและรอยเลื่อนบริเวณอื่น ๆ	112
บทที่ 5	
โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหว	
5.1 กลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง	117
5.2 แรงเค้นในอดีต	134
5.3 รอยเลื่อนกับการกักน้ำในเขื่อน	134

บทที่ 6

แผ่นดินไหวในประเทศไทยและแนวก่อเกิด

- | | | |
|-----|--|-----|
| 6.1 | แนวทางและโอกาสเกิดแผ่นดินไหว | 140 |
| 6.2 | เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว และเขตพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว | 141 |
| 6.3 | โอกาสเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ | 141 |

บทที่ 7

สรุป & เสนอแนะ

สรุป

ข้อเสนอแนะ

145

เอกสารอ้างอิง

147



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูป 1.1	การกำเนิดแผ่นดินไหวและพลังงานในรูปคลื่นความสั่นสะเทือนหรือคลื่นแผ่นดินไหวที่ปลดปล่อยออกมา	7
รูป 1.2	การคำนวณหาขนาดของแผ่นดินไหวตามมาตราริกเตอร์ ณ จุดที่วัด	8
รูป 1.3	ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดแผ่นดินไหวและปีที่ตั้ง	10
รูป 1.4	หลักการคำนวณหาจุดเกิดแผ่นดินไหวอย่างง่าย	12
รูป 2.1	แผนที่โลกแสดงการกระจายตัวของเปลือกโลก (Lithospheric plate) ถูกสรหมายถึงทิศทางโดยเคลื่อนที่แผ่นเปลือกโลกเกิดการเคลื่อนที่ไป	22
รูป 2.2	ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบมุดตัว(Subduction)ของเปลือกโลกแผ่นหนึ่งลงไปใต้เปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่งตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน (geotectonics)	22
รูป 2.3	ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบชนกัน (Collision) ของเปลือกโลกสองแผ่นจนก่อให้เกิดภูเขาสูงได้	23
รูป 2.4	ลักษณะการเคลื่อนตัวออกจากกัน แบบแยกตัวออกจากกัน (Spreading) ของแผ่นเปลือกโลกเดิมตามรอยแตก	25
รูป 2.5	ลักษณะการเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform plate motion) ซึ่งทำให้แผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่ผ่านกัน	26
รูป 2.6	โครงร่างการแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลก (Tectonic framework of plates) ของผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อันเป็นส่วนหนึ่งของดินแดนซันดา (Sundaland) ของเอเชีย	27
รูป 2.7	เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตกและแผ่นยูเรเชีย	28
รูป 2.8	แผ่นเปลือกโลกที่ประกอบขึ้นมาเป็นประเทศไทยและรอยเลื่อนใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	30
รูป 3.1	การเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแถบอ่าวเบงกอล อินเดีย และบังกลาเทศ เมื่อ พ.ศ. 2346, 2362 และ 2401 ที่รู้สึกได้จนถึงกรุงเทพฯ	34
รูป 3.2	การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดมาจากตอนกลางของประเทศพม่า เมื่อ พ.ศ. 2455 ที่รู้สึกได้ในประเทศไทย	35
รูป 3.3	การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดจากตอนเหนือของกรุงเทพฯ ที่รู้สึกได้เกือบทุกภาคในประเทศไทย	36
รูป 3.4	บริเวณที่ตั้งของนครโยนกในอดีต (จาก ทองใบ แดงอ่อน, 2536)	37
รูป 3.5	ตำแหน่งและความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดบนผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้	39
รูป 4.1	แผนที่ธรณีแปรสัณฐานประเทศไทยและบริเวณข้างเคียง (ดัดแปลง Bunopas, 1981) แสดงตำแหน่งจุดทวีป ฉาน-ไทย และอินโดจีน	69
รูป 4.2	แผนที่แสดงลักษณะโครงสร้างสำคัญในแถบไทยและพม่าที่มีบทบาททำให้เกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย (ดัดแปลงจาก ชัยวัฒน์ หินทอง, 2534)	71

รูป 4.3	แผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของประเทศพม่าได้จากการแปลความหมายจากภาพดาวเทียม Landsat TM5 จากการศึกษาครั้งนี้ และบางส่วนจาก Bender (1983) & Mitchell (1993)	72
รูป 4.4	แผนที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงตำแหน่งกลางภาพจากดาวเทียม และตำแหน่งจากดาวเทียมที่ศึกษา (เช่น BIO, TI5, L1)	73
รูป 4.5.1	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลางตอนตะวันออกเฉียงใต้สุด(south-east-central most) ของประเทศพม่าแถบเมืองมาตะมะ(Mataban)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	74
รูป 4.5.2	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลางตอนตะวันออกเฉียง(east-central)ของประเทศพม่าแถบเมืองตองอู (Taungoo)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	75
รูป 4.5.3	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลางของประเทศพม่าแถบเมืองมะเกว (Magway) และพินมานา(Pyin- manna)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	76
รูป 4.5.4	(บน)ภาพจากดาวเทียมภาคตะวันออกเฉียงสุด(eastern most) ของประเทศพม่าแถบเมืองพาน(Muang Pan)	77
รูป 4.5.5	(บน)ภาพจากดาวเทียมภาคกลางตอนกลางตะวันตก(west-central) แถบเมืองแปรหรือเมืองโปรม(Pyay)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	78
รูป 4.5.6	(บน)ภาพจากดาวเทียมภาคกลางตอนใต้(south-central)ของประเทศพม่าแถบเมี้ยวพะสึบ (Patheingyi)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	79
รูป 4.5.7	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (north-western) ของประเทศพม่าแถบเมืองพุกาม-มูยงยาน (Bagan-Myingyan) (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	80
รูป 4.5.8	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคตะวันตกตอนกลาง(central west) ของประเทศพม่าแถบเมืองมะเอ้ (Magway) (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	81
รูป 4.5.9	(บน)ภาพดาวเทียมภาคตอนกลาง(central part) ของประเทศพม่าแถบเมืองเมี้ยวมันทะเล-สะเกียง (Mandalay-Sagaing)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	82
รูป 4.5.10	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคกลางตอนเหนือ (north central) ของประเทศพม่าแถบเมืองโมโก๊ก (Mogoke)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม	83
รูป 4.5.11	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคตะวันตกตอนเหนือ(north-western)ของประเทศพม่าแถบเมืองชะเวโบ (Shawebo) (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม	84
รูป 4.5.12	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (north eastern) ของประเทศพม่าแถบเมืองเชียงตุง(Chientung)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม	85
รูป 4.5.13	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคเหนือตอนตะวันออกเฉียงใต้ (south-east-north)ของประเทศพม่าแถบเมี้ยวมอดวันสี่ป้อ (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพจากดาวเทียม	86
รูป 4.5.14	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคกลางตอนตะวันออกเฉียง (east-central) ของประเทศพม่าแถบเมืองปาปุน (Papun) และภาคตะวันตกเฉียงใต้ของไทยแถบเมืองอมก๋อย(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม	87

รูป 4.5.15	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคกลางตอนตะวันออกเฉียงเหนือ (north central) ของประเทศพม่า แถบเมืองตุง(Muang Tung)(ล่าง) แนวสร้างโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	88
รูป 4.5.16	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคตะวันตกตอนใต้(south-western) ของประเทศพม่าแถบเกาะรามรี (Ramree)(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	89
รูป 4.5.17	(บน)รูปภาพดาวเทียมจากภาคกลางย่านเมืองหลวง(central-matropolictan)แถบเมืองย่างกุ้งไป พม่า(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	90
รูป 4.5.18	(บน)ภาพดาวเทียมจากภาคกลางตอนเหนือ(north-central)ของประเทศพม่าเมืองตองยี (Taunggyi)(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	91
รูป 4.5.19	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคเหนือของไทย แถบเมืองเชียงใหม่(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่ สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	92
รูป 4.5.20	(บน)ภาพจากดาวเทียมภาคใต้ของไทยแถบเมืองสุราษฎร์(ล่าง)เส้นโครงสร้างที่สามารถ แปลได้จาก ภาพดาวเทียม	93
รูป 4.5.21	(บน)ภาพจากดาวเทียม แถบเมืองกรุงเทพฯ(ล่าง) โครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	94
รูป 4.5.22	(บน)ภาพจากดาวเทียมของไทยแถบเมืองชุมพร(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จาก ภาพดาวเทียม	95
รูป 4.5.23	(บน)ภาพจากดาวเทียมแถบเมืองประจวบฯ(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	96
รูป 4.5.24	(บน)ภาพจากดาวเทียมตะวันออกเฉียงเหนือของไทยแถบเมืองเพชรบูรณ์(ล่าง) เส้นโครงสร้าง ที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	97
รูป 4.5.25	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลางตอนตะวันตก(west-central)ของประเทศลาวเมืองไซย บุรี (Chaingnaburi)(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	98
รูป 4.5.26	(บน)ภาพจากดาวเทียมพงสาลี(Pongsali)(ล่าง)เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	99
รูป 4.5.27	(บน)ภาพจากดาวเทียมเหนือตอนใต้ (south norther) หลวงพระบาง(Loungphrabang)(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	100
รูป 4.5.28	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคใต้ของมณฑลยูนนาน(ประเทศจีน)แถบเมืองหยวนเจียน (yuan jian) และเมืองหยวนหยาง (yuan yang)(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาว เทียม	101
รูป 4.5.29	(บน)ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคใต้ของมณฑลยูนนาน (จีน) แถบเมืองลานช้าง(langchang) (ล่าง)เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพดาวเทียม	102
รูป 5.1	กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่ได้จากข้อมูลภาพดาวเทียมใน การศึกษาครั้งนี้	118
รูป 5.2.	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอิน โด-พม่าและตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	121
รูป 5.2 (ต่อ)	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอิน โด-พม่าและตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	122

รูป 5.3	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limeament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ดวงกุ่ม และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	123
รูป 5.3 (ต่อ)	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limeament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ดวงกุ่ม และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	124
รูป 5.4	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง(limeament map)แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนนานตึง-เปาซาน-เชียงราย และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	125
รูป 5.5	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limeament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแดง-มาดาและตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	127
รูป 5.6	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limeament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	129
รูป 5.7	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limeament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร่-อุตรดิตถ์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ	130
รูป 5.8	แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limeament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม	132
รูป 5.9	การเกิดรอยเลื่อนขนาดข้างและรอยแตกภายในรอยเลื่อนทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็นรูปตัวเอส (S)	133
รูป 5.10	รูปบน ลักษณะรอยเลื่อนที่ตัดผ่านเข้ามาในชั้นดินเบา(diatomite)สีขาวที่แทรกสลับอยู่กับชั้นดินบอลลเคลย์(สีน้ำตาล)เหมือนแร่ดินเบา ต.นาคค อ.แม่ทะ จ.ลำปาง ซึ่งแสดงหน้าเหมืองด้านเหนือและแสดงชั้นหินวางตัวในแนวระดับ รูปล่าง แสดงหน้าเหมืองด้านใต้ซึ่งการวางตัวของชั้นหินมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตก ทั้งสองภาพแสดงลักษณะรอยเลื่อนปกติ(normal fault)ซึ่งตัดผ่านเข้ามาจนถึงดินชั้นบนที่เกิดในยุคปัจจุบัน (Holocene)	135
รูป 5.11	รูปบน ลักษณะผาหินแข็งที่เรียกว่า“ผาวังซู้” บ้านฮอดหลวง อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ แสดงชั้นหินตะกอนอายุเทอร์เชียรี(Tertiary)วางตัวในแนวระดับตั้งอยู่สูงกว่าบริเวณข้างเคียงซึ่งเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ รูปล่าง แสดงภาพถ่ายระยะใกล้ ซึ่งเห็นการเลื่อนตัวแบบปกติ (normal faulting) ด้วยมุมล่างชันเกือบตั้ง (almost vertical) จนทำให้เกิดระยะเคลื่อนตัวในแนวตั้งมากเกือบ 6 เมตร (สังเกตจากความสูงต้นไม้)	136
รูป 5.12	รูปบน ภาพถ่ายบริเวณกว้างแสดงสภาพภูมิประเทศทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจากวัดท่าตอน อ.ท่าตอน จ.เชียงราย แสดงลักษณะรอยเลื่อน(เห็นไม้ซัด)ปรากฏระหว่างเส้นถนนและแม่น้ำกลางภาพ รูปล่าง หลุมสำรวจเขาระ่อง(trench) แสดงลักษณะชั้นตะกอนยุคปัจจุบัน(Quaternary deposit)ที่แสดงการเลื่อนตัวแบบย้อนกลับ(reveres faulting) มีระยะเลื่อนประมาณ 15 ซม. เป็นแนวรอยเลื่อน แนวเดียวกับรูปบนแต่อยู่ทางทิศใต้	137
รูป 5.13	รูปบน รอยเลื่อนปกติ (normal fault) มุมสูงยุคปัจจุบัน (Quaternary) ที่ตัดเข้ามาในชั้นกรวดและชั้นดินเบาปนดินสีเหลืองอมน้ำตาล ทำให้เกิดระยะเลื่อนตัวแนวตั้งประมาณ 2 เมตร เส้นทางสาย ลำปาง-แพร่ (จากแพร่ 30 กม. ทางตะวันตก) รูปล่าง ลักษณะรอยเลื่อนปกติเกือบตั้งตัดเข้ามาในชั้นกรวดและตะกอนทรายสีเหลืองชั้นล่างแต่ไม่ตัดเข้ามาในกรวดชั้นบนสุด แอ่งแพร่ อ.เมือง จ.แพร่ (Dr. Clark Fenton ร่วมสำรวจภาคสนาม)	138

- รูป 6.1 แผนที่แสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของแผ่นดินไหวแบบขนาดที่สัมพันธ์กับแนวรอยเลื่อน ใหญ่ 143
ของไทย
- รูป 6.2 แผนที่แสดงตำแหน่งและการกระจายตัวของแผ่นดินไหวแบบขนาดประจำถิ่นกับรอยเลื่อน 144
ใหญ่ของไทย
- รูป 6.3 แผนที่ประเทศไทยแสดงการกระจายตัวของแผ่นดินไหว แนวเส้นโครงสร้างทำให้ สามารถแบ่ง 141
เขตแผ่นดินไหวได้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจากทั่วโลกที่ทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรงในปี 2519	6
ตาราง 1.2 มาตรฐานวัดความรุนแรง หรืออันดับความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวของเมอร์คัลลี (THE MODIFIED MERCALLI INTENSITY, 1931)	15
ตาราง 1.3 เปรียบเทียบ ความรุนแรงของแผ่นดินไหว กับขนาดแผ่นดินไหวและอัตราเร่งของพื้นดิน	17
ตาราง 1.4 ข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของประเทศไทย	18
ตาราง 3.1 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและใกล้เคียง ตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ. 2433 ที่มีขนาดความรุนแรงมากกว่า VII	43
ตาราง 3.2 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและใกล้เคียง ตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ. 2433จนถึงปัจจุบันที่มีขนาดมากกว่า 6ริกเตอร์	46
ตาราง 3.3 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ. 2502	53
ตาราง 3.4 ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ขนาด 3 - 6.5 ริกเตอร์ ตั้งแต่ พ.ศ. 2508-2532	57
ตาราง 3.5 รายงานศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 ริกเตอร์ (พ.ศ. 2455 ถึง พ.ศ.2532)	60
ตาราง 3.6 แผ่นดินไหวขนาดใหญ่(มากกว่า 7 ริกเตอร์) นอกประเทศที่รู้สึกได้ในประเทศไทย	62
ตาราง 3.7 สรุปแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2526 ถึง พ.ศ. 2538	63
ตาราง 4.1 กลุ่มรอยเลื่อนสำคัญ ๆ ในประเทศไทยแบ่งตามภาค	109
ตาราง 5.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวภาคเหนือ (จากกรมอุตุนิยมวิทยา)	139

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้อาศัยข้อมูลภาพจากดาวเทียมแลนด์แซท ที่เอ็ม 5 (1:1,000,000) 29 ภาพ ซึ่งทำการเน้นภาพด้วยฮิสโตแกรม เพื่อให้ได้ภาพที่คมชัดกว่าภาพปกติทั่วไป การใช้ภาพจากดาวเทียมศึกษาวิจัยนี้เพราะมีวัตถุประสงค์ที่ต้องการเห็นภาพโครงสร้างธรณีวิทยาบริเวณกว้างครอบคลุมพื้นที่ในหลายประเทศ(ไทย, พม่า, ลาว และจีนตอนใต้) ได้อย่างถูกต้องขึ้น การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นครั้งแรกที่มีการผนวกข้อมูลภาพจากดาวเทียมกับข้อมูลแผ่นดินไหว และข้อมูลทางธรณีวิทยาซึ่งโดยมีวิธีการวิเคราะห์เริ่มจากการแปลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตาจนทำให้ได้แนวเส้นโครงสร้าง (lineaments) ในแต่ละภาพต่อจากนั้นนำมาต่อกันเป็นแผนที่แนวเส้นโครงสร้าง ซึ่งเมื่อกำหนดข้อมูลแผ่นดินไหวลงไปจะทำให้ทราบว่าแนวเส้นใดหรือรอยเลื่อนใดยังมีผลอยู่ ผลการศึกษาค้นคว้านี้ทำให้ทราบว่า แผ่นดินไหวที่เกิดอยู่บนทวีป มีความสัมพันธ์อย่างมากกับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นรอยต่อของแผ่นเปลือกโลกตลอดจนรอยเลื่อนใหญ่ๆทั้งที่อยู่ในประเทศไทยและประเทศข้างเคียง และสาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ต้องนำภาพดาวเทียมมาเป็นข้อมูลหลักในการศึกษานี้ เนื่องจากต้องการทราบว่าแนวหรือกลุ่มรอยเลื่อนมีพลังที่ปรากฏนอกประเทศจะมีแนวต่อเลยมาถึงประเทศไทยได้มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาพบว่ากลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญ ๆ ในภูมิภาคที่ศึกษามีอยู่ 7 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มอินโด-พม่า, สะเทียง-ปานหลวง-ตวงกุก, นานดิง-เปาซาน-เซียงราย, แดง-มา-ดา, แม่สะเรียง-แม่ปิง-เจดีย์สามองค์, อตุรดิษฐ์-แพร่-หลวงพระบาง-เคียนเบียนฟู และแม่ทา-แม่ริม ซึ่งมีส่วนทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดรุนแรงตั้งแต่ 3 ในมาตราริกเตอร์ขึ้นไป จนถึง 7.5 ซึ่งนับว่ามีความรุนแรงตั้งแต่บ่อยถึงมากพอสมควร และมี 4 กลุ่มที่มีแนวต่อเนื่องมาในประเทศไทย แต่ส่วนใหญ่มักเกิดแผ่นดินไหวอยู่นอกประเทศ ซึ่งทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ 6 ถึง 7 ริกเตอร์ขึ้นไป และจากข้อมูลประวัติศาสตร์และข้อมูลอุตุณีวิทยาทำให้ทราบว่ายังไม่ปรากฏแน่ชัดว่ามีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ถึง 6 หรือ 7 ริกเตอร์เกิดในประเทศไทยเลย

ผลการตีความภาพจากดาวเทียม และข้อมูลในเชิงธรณีแปรสัณฐานทำให้ทราบว่าบริเวณที่เปลือกโลกมีการชนกันมาก่อนและทำให้เกิดรอยเลื่อนหลายแห่ง นับได้ว่าเป็นจุดอ่อนตัวของเปลือกโลกซึ่งอาจทำให้เกิดรอยแตกเล็ก ๆ ใดและอาจเป็นจุดที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวเหมือนกัน อย่างไรก็ตามจากข้อมูลแผ่นดินไหวของกรมอุตุฯ ทำให้ทราบว่า บริเวณรอยต่อเหล่านี้อาจทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้รุนแรง (ถึง 7 ริกเตอร์) ในประเทศข้างเคียง เช่น พม่า เวียดนาม และจีน แต่ไม่ค่อยมีผลมากเท่าใดนักในประเทศไทย (ส่วนใหญ่ในไทยมักอยู่ในระดับอ่อน ประมาณ 3 ริกเตอร์)

แผ่นดินไหวที่เกิดในปัจจุบันที่มีจุดกำเนิดในประเทศไทยเท่าที่ได้ศึกษาจากการวิจัยครั้งนี้ นับได้ว่าไม่รุนแรงนัก เช่นที่เมืองกาญจนบุรี ประมาณ 5-6 ริกเตอร์ ที่หลายคนคิดว่าอาจเป็นผลมาจากการเลื่อนตัวของเปลือกโลกนั้น น่าจะมาจากการกักน้ำสร้างเขื่อนบนแนวรอยเลื่อนมากกว่า ผล

ของการกักน้ำนี้อาจทำให้เกิดการเพิ่มความดัน(ช่องว่าง)ให้มากขึ้นจนทำให้เปลือกโลกบริเวณที่มีการเคลื่อนตัวนั้นเกิดการเลื่อนตัวใหม่ได้ จนเกิดแผ่นดินไหวในที่สุด

การวิจัยครั้งนี้อาจสรุปได้ว่า ลักษณะโครงสร้างใหญ่ ๆ ของไทย เช่น รอยเลื่อนในภาคตะวันตกและภาคเหนืออาจมีผลหรือมีความสัมพันธ์จนมีผลทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่มีขนาดเล็กได้ อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาทำให้คาดคิดว่ากลุ่มรอยเลื่อนในไทย เช่น กลุ่มรอยเลื่อนเชียงราย(แม่จัน) รอยเลื่อนอุตรดิตถ์-แพร่ และรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม ในภาคเหนือ และรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-เจดีย์สามองค์ในภาคตะวันตกและตะวันตกเฉียงเหนือ มีความสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวในปัจจุบันและน่าจะมีพลัง(active)อยู่ แต่ไม่น่าจะก่อให้เกิดการไหวตัวอย่างแรงในอนาคตเหมือนในแถบรอบข้างในประเทศไทยเรา ดังนั้นเขตพื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวจึงควรกำหนดให้เฉพาะทางภาคเหนือและตะวันตกเป็นเขตแผ่นดินไหวอย่างอ่อนได้ ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลทางสถิติเข้าผนวกด้วย หากมีการทำรายละเอียดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับประวัติการเคลื่อนตัว การวางตัวของรอยเลื่อน และทิศทางการเคลื่อนตัวในอดีตจนถึงปัจจุบันสืบไป



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Abstract

The current investigation is based essentially upon the data interpretation from 29 images Landsat TM5 (scale 1 : 1,000,000) with histogram enhancement for the betterment of the quality of images. The prime application of the Landsat data is mainly due to the fact that the region's geological structure covering areas in Thailand, Lao PDR, Burma, and southern China are correctly delineated. The research is the first study that the Landsat information in conjunction with earthquake data and the available geological and geotectonic data are mutually interpreted. The method of investigation commences with the analysis of the structural lineaments by visual judgement and interpretation using the enhanced satellite images, then connection of reliable lineaments (or faults) from individual and related images and production of the lineament maps form the next step. Subsequently, the available instrumental and historical earthquake data are plotted onto the lineament maps. Then, the lineaments or faults with which the epicentral locations are closely associated, are regarded to be active. The research result indicates that the occurrence of mainland earthquakes has a close relationship with the major geological structures including geosutures and major fault features located both in Thailand and nearby. This perhaps is one of the most important objectives of using enhanced Landsat images to figure out whether the concerned active faults extend to Thailand or not.

The current research also reveals that there are approximately 7 major fault zones recognized in the study region ; i.e., 1) Indo-burma zone, 2) Sagaing-Panlong-Tuang Gui zone, 3) Nanting-Pao Shan-Chiang Rai, 4) Red-Ma-Da zone, 5) Mae Sarieng-Mae Ping-Three Pagoda zone, 6) Uttaradit-Phrae-Luang Phrabang-Dien Bien Phu zone, and 7) Mae Tha-Mae Rim Zone. These major fault zones directly and indirectly give rise to the occurrence of earthquakes (3 to 7 M), causing the quake intensity varying from mild to moderately violent. Among these major faults, four of them have their branches extending to and are located in Thailand, however, most earthquakes took place outside Thailand, and cause major earthquakes (6 to 7 M.)

Both the historical and instrumental earthquake information point out that earthquakes bigger than 6 in Richter scale never happened in Thailand.

In addition, the results, as indicated by satellite-borne image interpretation and geotectonic data, advocate that the region where the crustal plates collided to each other (such as Shan-Thai VS. Indochina at the Nan Geosuture), causing the (thrust) faults, account for the crustal weakness. As a result, deep cracks may have developed, and these may have caused earthquakes. Earthquake information gathered from TMD advocate that the geosutures can trigger the large earthquakes (~ 7 Richter) in the neighbouring countries, however, they became less involved in Thailand (~ 3 Richter).

The present-day earthquakes with epicenters located in Thailand, as obtained from this current study, are regarded to create less violent phenomena. Earthquake in Kanchana-buri (5-6 Richter), which was once regarded to have occurred by the active NW-trending believed to be a result of the water impoundment in the reservoir. The water in the dam built on the fault may have triggered the increase in pore pressure and in turn caused crustal adjustment with earth tremors.

This current research leads to the conclusion that major structural features in Thailand, such as faults to the west and the north, may give rise or be related, to some extent, to the small quakes. However, results from this research work reveal that several sets of faults in Thailand, particularly those of the Chiang Rai (or Mae Chan) Fault, the Uttaradit-Phrae Fault, the Mae Tha-Mae Rim Fault, in the north and those of the Mae Sariang-Mae Ping-Three Pagoda Fault, in the west and the northwestern, are regarded to be active with mild tremor intensities in comparison with those of the countries nearby. Therefore, the areas prone to earthquake risk are assigned to those of such regions and in such a way that the analysis combined with statistical data have to be undertaken in detail for the future work, such as history of movement, attitude of fault planes, direction of movement both in the past and at present, etc.

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ โดยผ่านกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ความอนุเคราะห์ที่ได้จาก ดร.สุวิทย์ วิบุลเศรษฐ์ ในฐานะเลขาธิการคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติในการอนุญาตให้ขยายระยะเวลาในการศึกษานับว่าความสำคัญอย่างยิ่งและคณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณเป็นอย่างมาก และขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยาได้ให้ความช่วยเหลือด้านความสะดวกสบายในการใช้สถานที่และอนุเคราะห์ในเรื่องเครื่องมือเครื่องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คุณสมจิต ห้อยเหม และ คุณ อารีพร จารุศิริ ที่เสียสละเวลาและจัดพิมพ์ให้ต้นฉบับจนแล้วเสร็จในที่สุด และ คุณวิมล อุบลพวง ที่ช่วยวาดรูปและเขียนคำบรรยายประกอบ คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ทิวา ศุภจรรยา รองศาสตราจารย์ สุภาพ ภูประเสริฐ และ คุณ บุญศิริ จารุศิริ ที่ได้อ่านและวิจารณ์ต้นฉบับของผู้วิจัย นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยต้องขอขอบพระคุณผู้วิจารณ์ผลงาน นี้ซึ่งได้แก่รศ.ดร.อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ ผศ. สุรพงษ์ เลิศทัศนีย์ และ ร.อ. สุกิจ เย็นทรงว อื่นๆ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศาสตราจารย์ ชู เชียงซอง(Xu Xiaosong) จากสถาบันวิจัยธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณี เมืองเซี่ยงหนาน มณฑลเสฉวน ประเทศจีน ที่ให้ข้อมูลเรื่องแผ่นดินไหว และธรณีสัณฐานของมณฑลยูนาน ประเทศจีน

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ร่วมทุกข์ร่วมสุขในชีวิตครอบครัวของคณะผู้วิจัยเองที่อุทิศทั้งกำลังกายและใจ ตลอดจนมีส่วนช่วยผลักดันให้คณะผู้วิจัยได้เกิดกำลังใจในการทำงานเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทที่ 1

บทนำ

1.1 คำนำ

"แผ่นดินไหว" จะเป็นคำที่มีความสำคัญไม่น้อย นับตั้งแต่บรรดานักวิทยาศาสตร์หลายสาขาไปจนถึงคนธรรมดาสามัญ ตั้งแต่เด็กเล็ก ผู้ใหญ่ จนไปถึงคนเฒ่าคนแก่ โดยเฉพาะสื่อมวลชนทั้งหลายได้แพร่ภาพ และกระจายเสียงเปิดเผยข่าวคราวเกี่ยวกับแผ่นดินไหวอย่างต่อเนื่อง ว่าอาจมีผลกระทบต่อประเทศไทยได้แม้แต่คณะรัฐมนตรี (สมัย พลเอกอานันท์ ปันยารชุน) ก็ได้เคยมีการหยิบยกเรื่องนี้มาพูดกัน แต่จะมีใครบ้างที่จะยอมรับว่าแท้จริงแล้วเรามีความรู้เรื่อง "แผ่นดินไหว" น้อยมาก

นับได้ว่าเป็นความโชคดีของคณะผู้วิจัยที่ได้มีโอกาสเข้าร่วมฟังการสัมมนาในหัวข้อเรื่อง "แผ่นดินไหวที่คนไทยควรรู้" ซึ่งจัดโดยฝ่ายวิจัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2533 ที่หอประชุม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีศาสตราจารย์ ดร.ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์ รองศาสตราจารย์ สุภาพ ภูประเสริฐ รองศาสตราจารย์ มานพ พงศทัต รองศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ โฆวิไล และรองศาสตราจารย์ สลักชัย ทรรพพันธ์ เป็นวิทยากร ทำให้เกิดแรงผลักดันที่จะทำวิจัยพื้นฐานนี้ให้สำเร็จ

จากผลการสัมมนาถึงจะไม่มี การสรุปไว้ในคราวนั้น แต่ก็มีส่วนกระตุ้นให้คณะผู้วิจัยคิดที่จะทำการวิจัยในส่วนที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวขึ้นมาทันที อันเป็นวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพราะบทสรุปของการสัมมนาครั้งนั้นมีข้อหนึ่งที่ว่า การที่รู้อะไรแบบครึ่งๆกลางๆ นั้นอาจทำให้เกิดความหวาดระแวงตื่นตระหนกไปเกินกว่าเหตุได้

ในบทแรก ของรายงานการวิจัย คณะผู้วิจัยเน้นอธิบายเกี่ยวกับคำว่า "แผ่นดินไหว" ต่อจากนั้นจึงเป็นการให้ความรู้เล็กๆน้อยๆ เกี่ยวกับแผ่นดินไหว เช่นในเรื่องขนาด ความรุนแรง เครื่องมือตรวจวัด และจุดที่เกิดแผ่นดินไหว

ในบทที่สอง เป็นการแสดงผลเรื่องราวเกี่ยวกับแผ่นดินไหวที่ได้ประมวลจากหนังสือหลายฉบับ โดยเน้นหนักที่สาเหตุการเกิด ซึ่งรวมไปถึงทฤษฎีการเกิด ชนิดการเกิด และจะกล่าวลงไปในเรื่องละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างแผ่นเปลือกโลกและธรณีแปรสัณฐานของไทย และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ในบทที่สาม จึงเป็นการรวบรวมข้อมูลการตรวจวัดแผ่นดินไหว โดยอาศัยข้อมูลทางสถิติของกรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อนำไปสู่บทถัดไป คือบทที่ห้าซึ่งเกี่ยวข้องกับการประมวลผลที่ได้จากบทที่สาม และสี่เข้าด้วยกัน เพื่ออธิบาย และตีความเกี่ยวกับแนวทาง และโอกาสเกิดแผ่นดินไหว รวมทั้งเสนอแนวคิด และข้อเสนอแนะที่บางตอนอาจไม่ได้เป็นผลจากการวิจัยนี้โดยตรง

ในบทที่สี่ ซึ่งเป็นบทที่เป็นหัวใจของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้คือ การประยุกต์ภาพจากดาวเทียมที่มีการเน้นข้อมูลแล้ว เพื่อหาลักษณะโครงสร้างที่สำคัญๆ ของประเทศไทย และกับการศึกษารอยเลื่อนต่างๆ ของประเทศไทย และประเทศข้างเคียง

ในบทที่ห้า เป็นการอธิบายถึงลักษณะโครงการทางธรณีวิทยา โดยเฉพาะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่มีส่วนสัมพันธ์กับแผ่นดินไหว เช่นกลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง แรงเค้นในอดีต และรอยเลื่อนกับเขื่อน

เมื่อประมวลข้อมูลทั้งหมดเข้าด้วยกัน คณะผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงแนวทาง และโอกาสเกิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย ตลอดจนการประยุกต์ข้อมูลทั้งหมดกับเขตกำเนิดแผ่นดินไหว และโอกาสเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ

1.1.1 วัตถุประสงค์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์หลัก ซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1. เพื่อศึกษาสภาพธรณีวิทยาโครงสร้างในภาคเหนือ และภาคตะวันตกของประเทศ ตลอดจนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศพม่า และบางส่วนของประเทศลาว โดยเฉพาะรอยเลื่อน, รอยแตก และรอยคดโค้งงอ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมควบคู่กับแผนที่ธรณีวิทยาของไทย และพม่า
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างธรณีวิทยาโครงสร้างกับการกำเนิดแผ่นดินไหวในประเทศไทย
3. เพื่อตรวจสอบดูว่าโครงสร้างทางธรณีวิทยาชนิดใดมีความโน้มเอียงที่จะเป็นสาเหตุให้เกิดแผ่นดินไหวมากที่สุด
4. เพื่อเป็นแนวทางในการทำแผนที่บริเวณที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหว(Seismic-risk Map)

1.1.2 ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีดังนี้

1. วิเคราะห์ข้อมูลทางธรณีวิทยาโครงสร้างจากภาพถ่ายดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM5 มาจัดทำเป็นแผนที่ธรณีวิทยาโครงสร้าง จากการแปลความหมายด้วยสายตา
2. กำหนดจุดกำเนิดแผ่นดินไหว(Earthquake Foci) โดยใช้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาและจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ)
3. นำข้อมูลตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหวถ่ายทอดลงไปบนแผนที่ธรณีวิทยาโครงสร้างที่จัดทำขึ้น
4. ออกภาคสนามเฉพาะในประเทศไทย เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ได้จากการแปลภาพ และเก็บตัวอย่างหิน เพื่อดูสภาพทางธรณีวิทยาเฉพาะภาคตะวันตก และภาคเหนือ
5. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม(เช่น จากภาพถ่ายทางอากาศในบางจุดและจากแผนที่ธรณีวิทยา ของกรมทรัพยากรธรณี)
6. นำข้อมูลจากภาคสนาม และที่เกี่ยวข้อง มาปรับแก้การตีความจากข้อมูลดาวเทียมอีกครั้ง
7. นำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุแผ่นดินไหว ตลอดจนโอกาสที่จะเกิดความเสี่ยง และความเป็นไปได้ในการทำนาย
8. สรุปผล และจัดทำรายงาน

ในการวิเคราะห์และศึกษาภาพจากดาวเทียมมาตราส่วน 1 : 1,000,000 นั้น มีรายละเอียดดังนี้ คัดเลือกภาพจากดาวเทียม เฉพาะตำแหน่งที่ต้องการ (จำนวน 29 ภาพ ดูรูป 4.4) จากฝ่ายบริการข้อมูลของสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม ภาพดาวเทียมดังกล่าวได้ทำการเน้นภาพด้วย Histogram enhancement process และ ทำ Gescoded แก้พิกัด ทางภูมิศาสตร์เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงได้ทำการแปลลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาด้วยสายตา (visual interpretation) ในแต่ละภาพ (ดูรูป 4.5.1 ถึง 4.5.29) โดยโครงสร้างส่วนใหญ่ที่ทำการแปลเป็นแนวเส้น (โครงสร้าง หรือ lineament) แนวเส้นที่เห็นชัดได้แสดงในรูปด้วยเส้นทึบหนัก สำหรับแนวเส้นที่ไม่ชัดได้แสดงเป็นเส้นปะไว้ ถ้าแนวเส้นที่แปลได้มีความใกล้เคียงกับแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่ปรากฏในแผนที่ธรณีวิทยาก็จะกำหนดชื่อโดยใช้ชื่อตามแนวรอยเลื่อนที่มีผู้ทำไว้จากรายงานเดิมหรือจากการออกภาคสนาม นอกจากนี้เส้นปะหรือเส้นทึบบางเส้นที่แสดงไว้อาจเป็นแนวรอยแตกหรือแนวแกนคดโค้ง หรือบางครั้งอาจเป็นแนวชั้นหินที่เกิดมีรอยแตกอยู่สำหรับตำแหน่งของแม่น้ำส่วนใหญ่ได้จากภาพจากดาวเทียม ส่วนตำแหน่งของเมืองสำคัญได้จากแผนที่ภูมิประเทศของพม่า (ดู Bender, 1983) ผลที่ได้จะได้กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญ ๆ (ดูรูป 5.1)

ต่อจากนั้นจึงนำข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ตลอดจนข้อมูลทางประวัติศาสตร์ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นขนาดตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์บนผิวโลกที่เกิดแผ่นดินไหว (epicenter) มาวางทับบนแผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (แสดงในรูป 5.2 ถึง 5.8) ผลการศึกษาในขั้นนี้ทำให้ได้ทราบว่าโครงสร้างธรณีวิทยา (ซึ่งในที่นี้ก็คือแนวเส้นโครงสร้างแบบใดที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหว (หรือจุดที่เกิดแผ่นดินไหว)มากที่สุด และทำให้สามารถกำหนดได้ว่ากลุ่มรอยเลื่อนใดเคยปรากฏแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ และบ่อยครั้ง จากนั้นจึงสามารถกำหนดเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (รูป 6.2) และพื้นที่เสี่ยงภัยแผ่นดินไหวได้ (รูป 6.3)

1.1.3 ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นโครงการพื้นฐานเพื่อศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างด้วยข้อมูลจากภาคสนาม ห่องทดลองและภาพจากดาวเทียม โดยใช้สายตาเป็นหลักมาประยุกต์เนื้อหาสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว โครงการนี้มีได้มุ่งหวังเพื่อหาทางเข้ามาแก้ไขภัยพิบัติที่อันเกิดจากแผ่นดินไหว หรือมิได้มีส่วนรับผิดชอบเกี่ยวกับโครงสร้างทางวิศวกรรมและรูปแบบทางสถาปัตยกรรม อันเป็นผลจากแผ่นดินไหว ตลอดจนมิได้มุ่งหวังเพื่อผลักดันแนวคิดในแง่กฎหมาย โดยเฉพาะในสาขาที่เกี่ยวข้องกับประกันภัยและทรัพย์สิน

แผนการดำเนินงาน

การดำเนินงาน	1*	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1. จัดหาภาพถ่ายเทียม	1.....	2	3	4														
2. แปลภาพถ่ายเทียม	2.....	3	4	5	6	7		9.....	10	11	12	13.....	14	15	16			
3. กำหนดจุดเกิดแผ่นดินไหว																		
3.1 ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา				5.....	6	7												
3.2 ข้อมูลการไฟฟ้าฝ่ายผลิต							7.....											11
4. ศึกษาข้อมูลเก่าที่มีผู้ทำไว้	3.....																	10
5. ออกภาคสนาม เก็บข้อมูลธรณีวิทยา และตัวอย่างหิน					6.....	7					11.....	12	13		15.....	16		
6. นำข้อเท็จจริงมาตรวจสอบ ปรับแก้และตีความเทียบกับข้อมูลจากภาพถ่ายเทียม												12.....						15
7. สรุปวิเคราะห์และประเมินผล														14.....				16
8. เขียนรายงาน																15.....		18

* หมายถึง ระยะเวลา 2 เดือน ดังนั้น หมายเลข 10 จึงหมายถึง เดือนที่ 20 ของโครงการนับตั้งแต่เวลาที่ได้รับอนุมัติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ข้อมูลของธรณีวิทยาโครงสร้างของบริเวณที่ทำการศึกษา
2. ได้ข้อมูลในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโอกาสของการเกิดแผ่นดินไหวว่าบริเวณไหนน่าจะเกิดแผ่นดินไหวได้บ้าง และมีผลต่อประเทศมากหรือน้อย และประเทศไทยเองมีโอกาสมีจุดกำเนิดแผ่นดินไหวหรือไม่
3. ได้ข้อมูลพื้นฐานที่จะใช้อ้างอิงสำหรับการออกแบบก่อสร้าง ตลอดจนรูปแบบสถาปัตยกรรม
4. ได้ข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนป้องกันภัยพิบัติ ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุทางธรรมชาติ และสาเหตุที่มนุษย์สร้างนั้น และผลกระทบเนื่องจากแผ่นดินไหว
5. ได้การเพิ่มพูนความรู้ และสร้างเสริมประสบการณ์ด้านแผ่นดินไหวให้กับวงการ และนักวิชาการด้านธรณีวิทยาของประเทศไทย

1.2 คำจำกัดความ

หลายคนได้ให้คำจำกัดความของแผ่นดินไหวไว้เหมือนกัน ๆ หรือ คล้าย ๆ กัน (AGI , 1974 ; Press & Sievier,1980 ; Skinner & Porter, 1989 ; Dans , 1984) สำหรับคณะผู้วิจัยมีความประสงค์จะให้คำจำกัดความที่ได้ประมวลมาว่าแผ่นดินไหว หมายถึง ปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงของพื้นผิวโลก ซึ่งเกิดจากการที่เปลือกโลกปรับตัวให้เข้าสู่สภาวะสมดุลย์ เพื่อปลดปล่อยพลังงานที่สะสมตัวไว้ให้ออกมาอย่างรวดเร็วในรูปของคลื่นแผ่นดินไหว (Seismic Wave)

ในบางครั้งการปรับตัวครั้งใหญ่ ๆ แต่ละครั้งก่อให้เกิดความหายนะ และภัยพิบัติต่อทรัพย์สิน บ้านเรือน และชีวิตมนุษย์เป็นจำนวนมาก (ดูตาราง 1.1) การเริ่มต้นกันที่ตรงนี้ ดูเหมือนว่าแผ่นดินไหวน่าจะเป็นปรากฏการณ์ที่น่ากลัวจริงๆ แต่จากสถิติที่แสดงนี้ มีที่อยู่ใกล้บ้านเรามากที่สุดก็คือ จีนและอินเดีย แต่ก็อยู่ห่างออกไปจากประเทศไทยมากกว่า 1,000 กิโลเมตร

การสั่นไหวของแผ่นดินไหวไม่ว่าจะเป็นโดยธรรมชาติหรือไม่ ย่อมส่งผลกระทบต่อออกมาในรูปการสั่นสะเทือนออกรอบทิศทาง (รูป1.1, คู่มือฯ จารุศิริ, 2532) ซึ่งจะมากจะน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของแผ่นดินไหวแต่ละครั้ง

1.3 ขนาดและความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ขนาดแผ่นดินไหว(Magnitude) เป็นการตรวจวัดจำนวนหรือปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมา ณ จุดศูนย์กลางของการเกิดแผ่นดินไหวแต่ละครั้ง(รูป1.1) ซึ่งคำนวณได้จากความสูงที่บันทึกได้จากเครื่องตรวจวัด มีหน่วยเป็นริคเตอร์ (Richter) ซึ่งมี 9 ระดับเรียกว่ามาตราริคเตอร์(Richter Scale)

ริคเตอร์เป็นชื่อของนักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันซึ่งค้นคิดวิธีการคำนวณขนาดของแผ่นดินไหว ดังนั้นเพื่อให้เป็นเกียรติจึงเรียกหน่วยของแผ่นดินไหวว่า “ริคเตอร์”

ขนาดแผ่นดินไหวเป็นปริมาณที่สัมพันธ์กับพลังงานแผ่นดินไหวคำนวณได้จากความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว ขนาดแผ่นดินไหวตามทฤษฎีไม่มีขีดจำกัด แต่ในความเป็นจริงยังไม่มีขนาดแผ่นดินไหวใดเกิดขึ้นเกิน 9.0 ริคเตอร์ รูป 1.2 แสดงวิธีการหาค่าหาว่าแผ่นดินไหวที่เกิดคิดเป็นระดับที่เท่าใดของมาตราริคเตอร์ ณ จุดที่วัด

ความรุนแรงของแผ่นดินไหว(Earthquake Intensity) วัดได้โดยความรู้สึกของการสั่นสะเทือน และความเสียหายของทรัพย์สินที่เกิดจากการสั่นไหวของแผ่นดิน(ดูตาราง 1.1) เป็นตัวกำหนดแบ่งออกเป็น12 อันดับ เรียกว่ามาตราเมอร์แคลลี (Mercalli Intensity Scale) มีรายละเอียดอยู่ในตาราง 1.2 ส่วนตาราง 1.3 เปรียบเทียบขนาดกับความรุนแรงของแผ่นดินไทย และความรุนแรงกับอัตราเร่งของพื้นดิน

ตาราง 1.1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจากทั่วโลกที่ทำให้เกิดความเสียหายร้ายแรงในปี 2519

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

* รวมผู้เสียชีวิตมากกว่า 700,000 คน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 1.1 การกำเนิดแผ่นดินไหว และพลังงานในรูปคลื่นความสั่นสะเทือนหรือคลื่นแผ่นดินไหวที่ปลดปล่อยออกมา

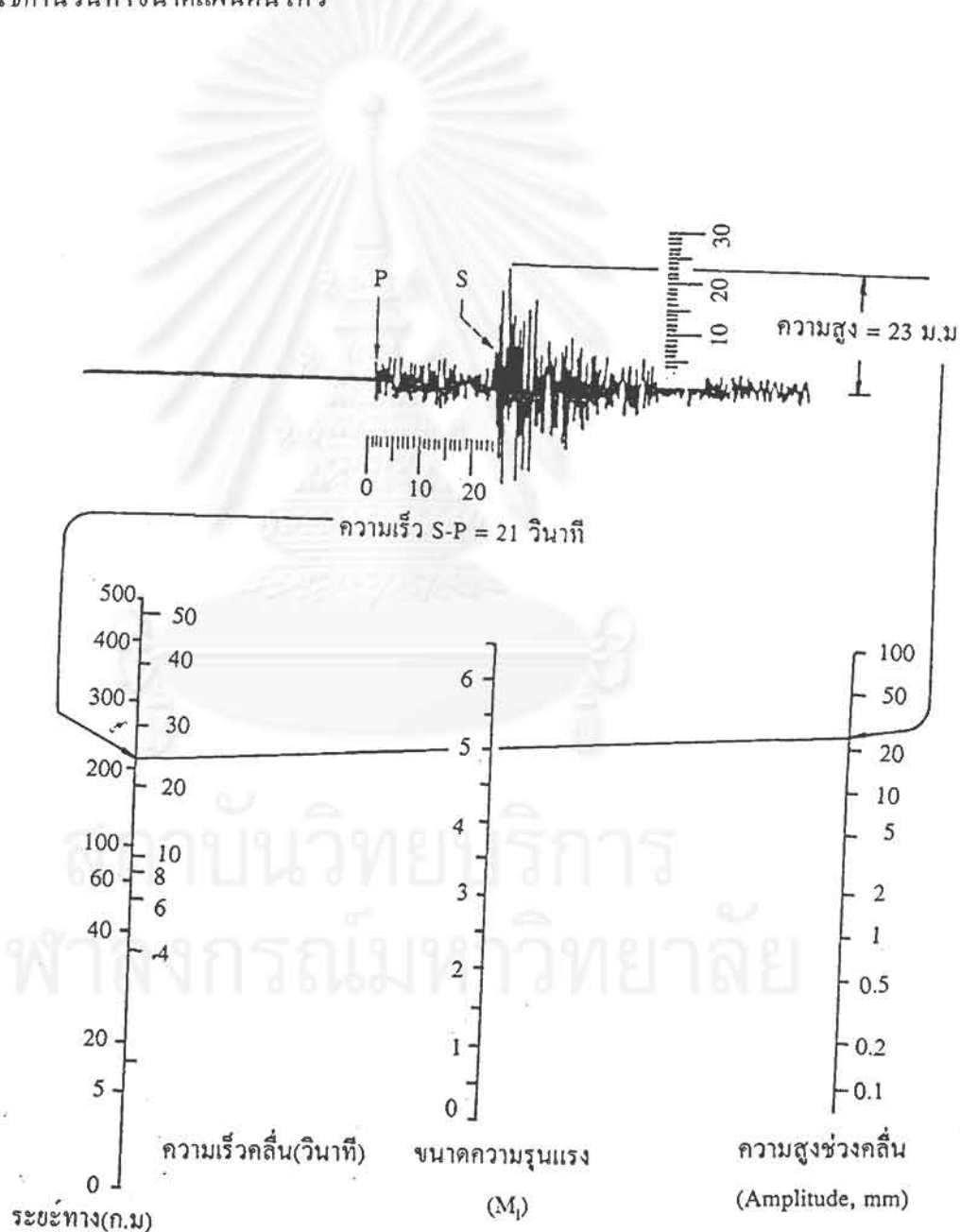
ก. ขั้นตอนในการคำนวณหาขนาดแผ่นดินไหวที่วัดได้ ณ สถานีวัด (M_c) จากรูป ข. ประกอบ

ก.1. วัดเวลาที่แตกต่างระหว่างคลื่นปฐมภูมิ(P)และคลื่นทุติยภูมิ (S) ออกมาเป็นระยะทาง เช่น กรณีนี้ ได้ 24 วินาที

ก.2. วัดความสูงของการสั่นไหว ได้ 23 มม.

ก.3. ถ้ากำหนดจุดลงไปบนมาตราส่วนในรูปข.ลากเส้นต่ออ่านค่าที่ได้ในมาตราส่วนเส้นกลางในที่นี้ได้ 5 นั่นคือค่าของขนาดแผ่นดินไหว

ข. Namogram ที่ใช้คำนวณหาขนาดแผ่นดินไหว



รูป 1.2 การคำนวณหาขนาดของแผ่นดินไหวมาตราริกเตอร์ ณ จุดที่วัด

1.4 เครื่องมือตรวจวัดและการหาจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว

เครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว

ปัจจุบันเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว มี 2 แบบ คือ Seismograph และ Strong Motion

Accelerograph

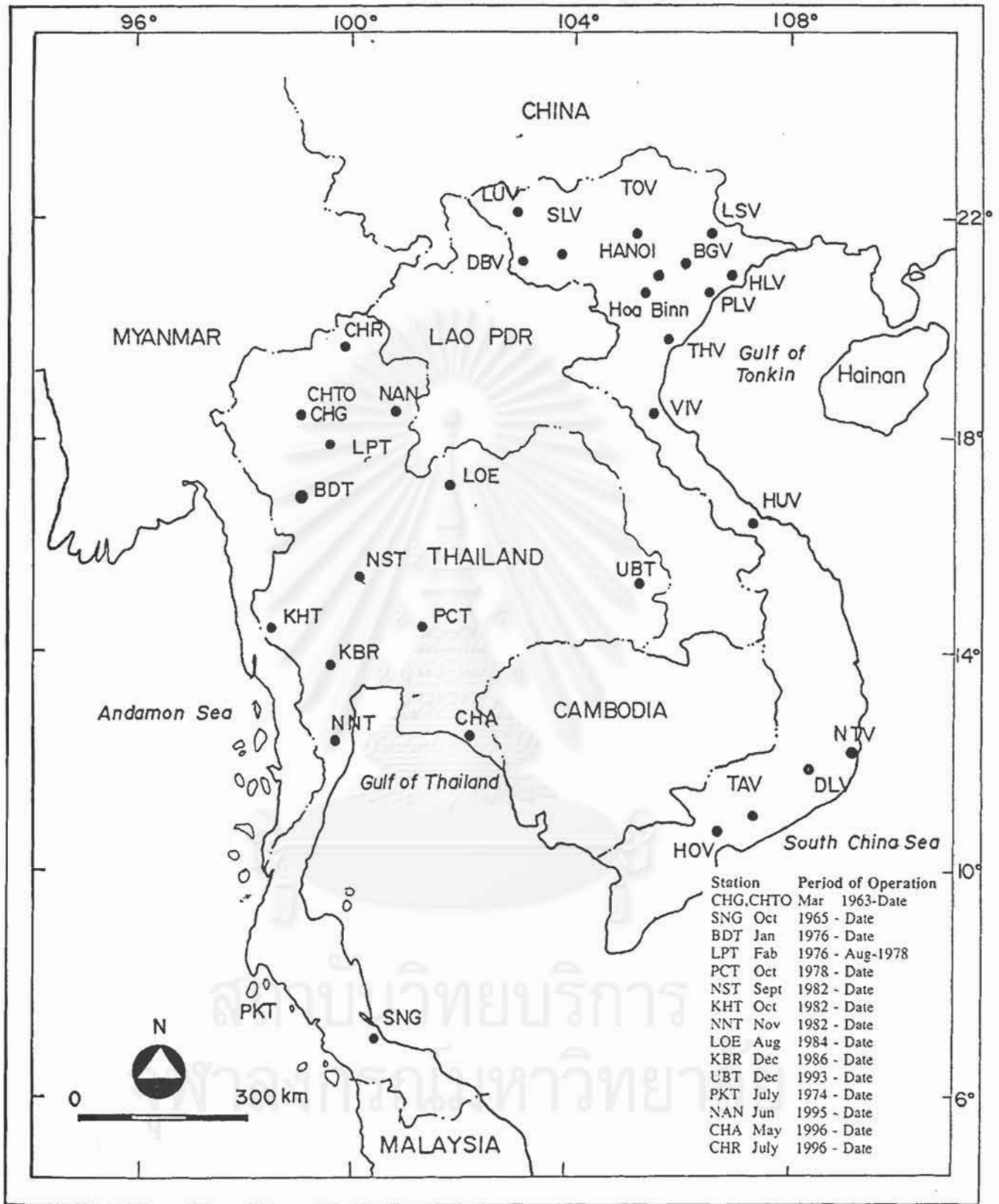
1. *Seismograph* เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อตรวจวัดความสั่นสะเทือนของพื้นโลก ซึ่งมีทั้งระบบ Short-Period Seismograph (ช่วงคลื่นสั้น) และ Long-Period Seismograph (ช่วงคลื่นยาว) เครื่องมือวัดระบบ Short-Period Seismograph หรือ SPS สามารถตรวจวัดแผ่นดินไหวในรัศมี 500 กิโลเมตร ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับระบบ Long-Period Seismograph หรือ LPS นั้นเป็นระบบที่สามารถตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวไกล (Telesism Station) ซึ่งปัจจุบันมีอยู่ 9 แห่ง (รูป 1.3 และ ตาราง 1.4) ซึ่งสามารถตรวจวัดได้ทั้งแผ่นดินไหวระยะไกล และแผ่นดินไหวระยะไกล ข้อมูลที่บันทึกได้จากสถานีตรวจวัดเหล่านี้สามารถนำมาคำนวณหาสถานที่เกิด ระยะเวลาในการเกิด รวมทั้งขนาด และความลึกของจุดศูนย์กลางของการเกิดแผ่นดินไหวได้

นอกเหนือจากสถานีทั้ง 9 แห่ง ซึ่งอยู่ในความดูแลของกรมอุตุนิยมวิทยาแล้วการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ได้ดำเนินการติดตั้งเครื่อง Seismograph อีก 2 แห่ง คือที่ อ.แม่เมาะ จ.ลำปาง และ อ.เมืองจ.แม่ฮ่องสอน ซึ่งอยู่ในความดูแลรับผิดชอบของ กฟผ โดยตรง เพื่อเสริมโครงข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวของประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคเหนือ ภาคตะวันตก และตะวันตกเฉียงเหนือ

2. *Strong Motion Accelerograph (SMA)* เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อใช้วัดการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาค่าอัตราเร่งของพื้นดินในบริเวณนั้น ที่เกิดจากแผ่นดินไหวซึ่งวิศวกรสามารถนำค่าอัตราเร่งนี้ไปใช้ในการออกแบบสิ่งก่อสร้าง เพื่อให้มีความปลอดภัยจากการเกิดแผ่นดินไหว ปัจจุบันมีติดตั้งตามเขื่อนใหญ่ของ กฟผ. หลายแห่ง ได้แก่ ที่เขื่อนภูมิพล 3 เครื่อง เขื่อนสิริกิติ์ 1 เครื่อง เขื่อนศรีนครินทร์ 3 เครื่อง เขื่อนและอ่างเขาแหลม 5 เครื่อง เขื่อนรัชชประภา 3 เครื่อง รวมทั้งที่ กฟผ. สำนักงานใหญ่อีก 1 เครื่อง ส่วนกรมอุตุนิยมวิทยา มีเครื่อง SMA ติดตั้งไว้ที่ตึก ภปร. โรงพยาบาลจุฬาฯ กรุงเทพมหานคร จำนวน 3 เครื่อง ที่ รพ. มหาราช จ.เชียงใหม่ 1 เครื่อง และที่ อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี อีก 1 เครื่อง

การหาจุดศูนย์กลางของแผ่นดินไหว

โดยทั่วไปเราเรียกตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหวจริงๆ ใต้ผิวโลกลึกกลงไปว่า จุดกำเนิดแผ่นดินไหว หรือ Earthquake Focus หรือ Hypocenter และเรียกตำแหน่งบนพื้นผิวโลกที่คลื่นแผ่นดินไหวเดินทางมาถึงก่อนว่า จุดเหนือแผ่นดินไหวหรือ Epicenter ซึ่งเป็นตำแหน่งบนผิวโลกเหนือถึงจุดที่เกิดแผ่นดินไหวจริงๆ หรือเป็นจุดตัดบนผิวโลกจากการลากเส้นจากจุดศูนย์กลางของโลกมายังจุดที่เกิดแผ่นดินไหว และต่อเลยไปตัดผิวโลก ในทางธรณีวิทยาเราสามารถแบ่งจุดกำเนิดแผ่นดินไหว หรือการเกิดแผ่นดินไหวตามความ



รูป 1.3 ตำแหน่งที่ตั้งสถานีวัดแผ่นดินไหวและปีที่ตั้ง
 (ดัดแปลงจาก Bott และ คณะ, 1997 ; และ Nutalaya และคณะ, 1983)

ลึกได้ 3 แบบ คือแผ่นดินไหว ลึกจุดที่เกิดอยู่ลึกกว่า 100 กิโลเมตร แผ่นดินไหวลึกปานกลาง ถ้าอยู่ระหว่าง 70-100 กิโลเมตร และแผ่นดินไหวตื้น ถ้าจุดที่เกิดลึกน้อยกว่า 70 กิโลเมตร

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 ทำให้ทราบว่่าคลื่นแผ่นดินไหว เดินทางมาถึงสถานีเมื่อใด และรัศมีการตรวจรับคลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจคลื่นแผ่นดินไหวได้ทั่วโลก แต่ส่วนใหญ่การคำนวณตำแหน่ง เวลาเกิด ขนาดแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาจะคำนวณเฉพาะคลื่นไกลซึ่งอยู่ห่างจากสถานีไม่เกิน 1,000 กิโลเมตร

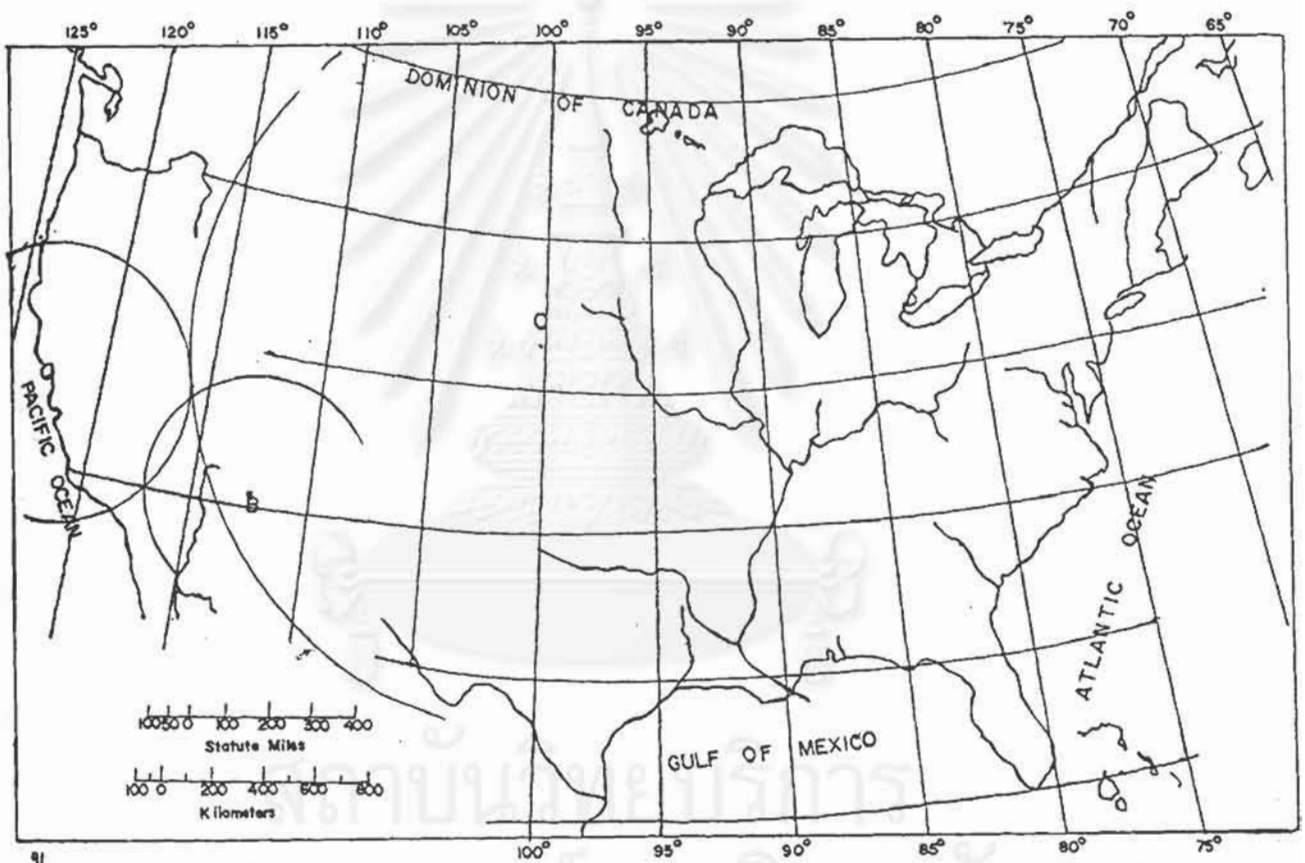
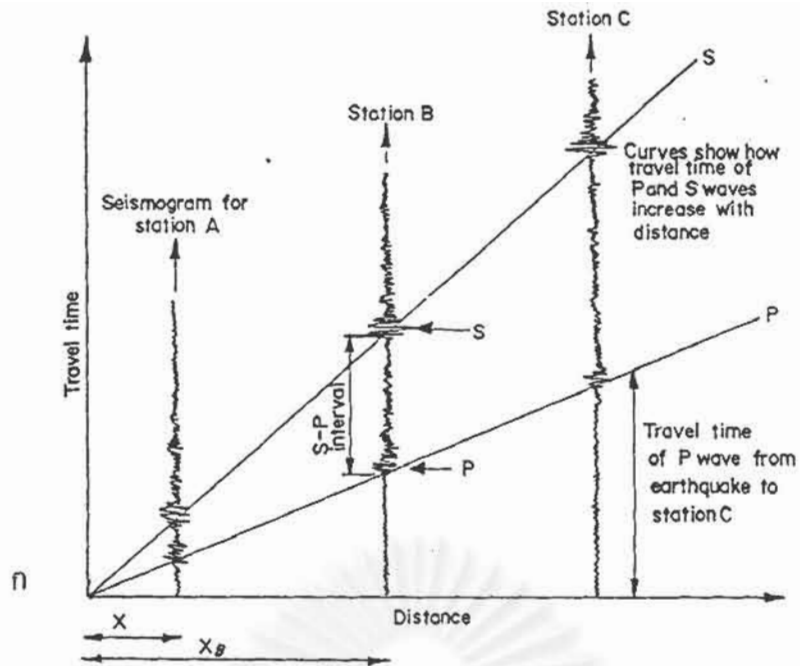
เครื่องมือ Strong Motion Accelerograph สามารถตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดินได้โดยอาศัย หลักการทำงานคล้ายๆ กัน แต่ข้อมูลที่ได้อาจบันทึกลงบนฟิล์ม ปัจจุบันมีติดตั้งบริเวณภาคเหนือ ภาคตะวันตก และกรุงเทพมหานคร รวมประมาณ 20 เครื่อง

1.5 หน่วยงานที่รับผิดชอบ

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

นอกจากนั้นหน่วยงานที่มีหน้าที่โดยตรง ในเรื่องของการตรวจแผ่นดินไหวได้แก่สำนักงานแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งมีเครือข่ายอยู่เกือบทั่วประเทศ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งจัดตั้งเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหวบริเวณเขื่อน และกรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ ซึ่งมีสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวบริเวณดอนเหนือของประเทศ

เครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวกรมอุตุนิยมวิทยา ปัจจุบันมีสถานีตรวจแผ่นดินไหวทั้งหมด 12 แห่ง เป็นระบบ IRIS I แห่ง ที่จังหวัดเชียงใหม่ ระบบ WWSSN I แห่ง ที่จังหวัดสงขลา และเครื่องมือแบบ SPS อีก 10 แห่ง ได้แก่สถานีตรวจแผ่นดินไหวน่าน สถานีตรวจแผ่นดินไหวเขื่อนภูมิพล สถานีตรวจแผ่นดินไหวกาญจนบุรี สถานีตรวจแผ่นดินไหวเขื่อนเขาแหลม สถานีตรวจแผ่นดินไหวเลย สถานีตรวจแผ่นดินไหวอุบลราชธานี สถานีตรวจแผ่นดินไหวปากช่อง สถานีตรวจแผ่นดินไหวหนองปลับ



๗

- รูป 9.7 ก) ความแตกต่างระหว่างระยะเวลาที่คลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิที่เดินทางเข้ามาถึงเครื่องบันทึกจะเพิ่มขึ้นถ้าระยะทางจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้น ช่วงห่างของเวลาที่ตรวจจับที่สถานีต่างๆจะสัมพันธ์กับระยะเวลา travel times ของคลื่นปฐมภูมิและคลื่นทุติยภูมิ จะนำมาคำนวณหาระยะห่างระหว่างจุดเกิดแผ่นดินไหวกับเครื่องบันทึกได้
- ข) เราสามารถกำหนดตำแหน่งของแผ่นดินไหวได้ ถ้าทราบระยะทางระหว่างจุดที่เกิดแผ่นดินไหวจากสถานีวัด (ในรูปคือ A, B, C)

รูป 1.4 หลักการคำนวณหาจุดเกิดแผ่นดินไหวอย่างง่าย

สถานีตรวจแผ่นดินไหวภูเก็ต และกำลังจะติดตั้งอีก 3 แห่ง ที่จังหวัดเชียงราย ขอนแก่น จันทบุรี

ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาให้บริการด้านข้อมูลแผ่นดินไหว และด้านวิชาการแผ่นดินไหวประเภท

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

1.6 ข้อปฏิบัติจากการเกิดแผ่นดินไหว

ข้อปฏิบัติในการป้องกันและบรรเทาภัยจากแผ่นดินไหว

- ก่อนเกิดแผ่นดินไหวควรจัดเตรียมเครื่องอุปโภคบริโภคที่จำเป็น เช่น ถ่านไฟฉาย ไฟฉาย อุปกรณ์ดับเพลิง น้ำดื่ม น้ำใช้ อาหารแห้ง ไขว้ในกรณีไฟฟ้าดับหรือกรณีฉุกเฉินอื่น ๆ

- ควรจัดหาเครื่องรับวิทยุ ที่ใช้ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่ สำหรับเปิดฟังข่าวสารคำเตือน คำแนะนำ และสถานการณ์ต่าง ๆ

- ควรจัดเตรียมอุปกรณ์นิรภัย สำหรับการช่วยชีวิต

- ควรเตรียมยารักษาโรคและเวชภัณฑ์ให้พร้อมที่จะใช้ในการปฐมพยาบาลเบื้องต้น

- ควรจัดให้มีการศึกษาถึงการปฐมพยาบาล เพื่อเป็นการเตรียมพร้อมที่จะช่วยเหลือผู้ที่ได้รับบาดเจ็บ หรืออันตรายให้พ้นขีดอันตรายก่อนที่จะถึงมือแพทย์

- ควรทราบตำแหน่งของวาล์ว เปิด-ปิดน้ำ ตำแหน่งของสะพานไฟฟ้าเพื่อตัดตอนการส่งน้ำและไฟฟ้า

- ควรยึดเครื่องเรือน เครื่องใช้ไม้สอย ภายในบ้าน ที่ทำงาน และในสถานศึกษาให้ความมั่นคง แน่นหนา ไม่โยกเยกโคลงเคลงไปทำความเสียหายแก่ชีวิต และทรัพย์สิน

- ไม่ควรวางสิ่งของที่มีน้ำหนักมาก ๆ ไว้ในที่สูง เพราะอาจร่วงหล่นมาทำความเสียหายหรือเป็นอันตรายได้

- ควรมีการเตรียมการอพยพเคลื่อนย้าย หากถึงเวลาที่จะต้องอพยพ

- ควรมีการวางแผนป้องกันภัยสำหรับครอบครัว ที่ทำงาน และสถานศึกษา มีการชี้แจงบทบาทที่สมาชิกแต่ละบุคคลจะต้องปฏิบัติ มีการฝึกซ้อมแผนที่จัดทำไว้ เพื่อเพิ่มลักษณะ และความคล่องตัวในการปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน

ขณะเกิดแผ่นดินไหว

- ให้ตั้งอยู่ในสติ อยู่ในที่ที่แข็งแรงปลอดภัย ห่างจากประตู หน้าต่าง สายไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า และสิ่งห้อยแขวน

- ปฏิบัติตามคำแนะนำ ข้อควรปฏิบัติของทางราชการอย่างเคร่งครัดไม่ตื่นตระหนกจนเกินไป -
ไม่ควรทำให้เกิดประกายไฟ เพราะหากมีการรั่วซึมของแก๊สหรือวัตถุไวไฟ อาจเกิดภัยพิบัติจากไฟไหม้
ไฟลวก ซ้ำซ้อนกับแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นอีก

- ควรเปิดวิทยุรับฟังสถานการณ์ คำแนะนำคำเตือนต่าง ๆ จากทางราชการอย่างต่อเนื่อง
- ไม่ควรใช้ลิฟต์ เพราะหากไฟฟ้าดับอาจมีอันตรายจากการติดอยู่ภายใต้ลิฟต์
- มุดเข้าไปนอนใต้เตียงหรือตั่ง อย่าอยู่ใต้คานหรือที่ ๆ มีน้ำหนักมาก
- อยู่ใต้โต๊ะที่แข็งแรง เพื่อป้องกันอันตรายจากสิ่งปรักหักพังร่วงหล่นลงมา
- อยู่ห่างจากสิ่งที่ไม่มั่นคงแข็งแรง
- ให้รีบออกจากอาคารเมื่อมีการสั่งการจากผู้ที่ควบคุมแผนป้องกันภัย หรือผู้ที่รับผิดชอบในเรื่องนี้
- หากอยู่ในรถ ให้หยุดรถจนกว่าแผ่นดินจะหยุดไหวหรือสันตะเขื่อนหลังเกิดแผ่นดินไหว
- ตรวจเช็คการบาดเจ็บ และการทำการปฐมพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บแล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลผู้ที่ได้รับบาดเจ็บแล้วรีบนำส่งโรงพยาบาลโดยด่วน เพื่อให้แพทย์ได้ทำการรักษาต่อไป
- ตรวจเช็คระบบน้ำ ไฟฟ้า หากมีการรั่วซึมหรือชำรุดเสียหาย ให้ปิดวาล์ว เพื่อป้องกันน้ำท่วมเอ่อ ชกสะพานไฟฟ้า เพื่อป้องกันไฟฟ้ารั่ว ไฟฟ้าดูด หรือไฟฟ้าช็อต
- ตรวจเช็คระบบแก๊ส โดยวิธีการดมกลิ่นเท่านั้น หากพบว่ามีแก๊สรั่วซึมของแก๊ส(มีกลิ่น) ให้เปิดประตูหน้าต่าง แล้วออกจากอาคาร แจ้งเจ้าหน้าที่ป้องกันภัยฝ่ายพลเรือนผู้ที่รับผิดชอบได้ทราบในโอกาสต่อไป

- เปิดฟังข่าวสารและปฏิบัติตามคำแนะนำ จากทางราชการอย่างขิวติโดยตลอด
- ไม่ใช่โทรศัพท์โดยไม่จำเป็น
- อย่าคนน้ำล้างส้วม จนกว่าจะมีการตรวจเช็คระบบท่อเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เพราะอาจเกิดการแตกหักของท่อน้ำส้วม ทำให้น้ำท่วมเอ่อหรือส่งกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนาออกมาทำลายสุขภาพจิต
- ให้ออกจากอาคารที่ชำรุดโดยด่วน เพราะอาจเกิดการพังทลายลงมา
- ให้สวมรองเท้ายางเพื่อป้องกันสิ่งปรักหักพัง เศษแก้ว เศษกระเบื้อง
- ให้ไปรวมพล ณ ที่หมายที่ได้ตกลงนัดหมายกันไว้ และตรวจนับจำนวนสมาชิกว่าอยู่ครบหรือไม่
- ปลอ่ยให้เจ้าหน้าที่ได้เข้าปฏิบัติงานในบริเวณที่ได้รับความเสียหาย ผู้ไม่มีหน้าที่หรือไม่เกี่ยวข้องไม่ควรเข้าไปในบริเวณนั้น ๆ หากไม่ได้รับการอนุญาต
- ออกจากชายฝั่ง เพราะอาจเกิดคลื่นใต้น้ำซัดฝั่งได้ แม้ว่าการสันตะเขื่อนของแผ่นดินจะสิ้นสุดลงแล้วก็ตาม

ตาราง 1.2 มาตรฐานวัดความรุนแรง หรืออันดับความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวของเมอร์-แคลลี (THE MODIFIED MERCALLI INTENSITY, 1931)

SCALE(อันดับ)	คำอธิบาย
IV	เป็นอันดับที่อ่อนมาก ตรวจวัดได้โดยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวเท่านั้น
II	รู้สึกได้เฉพาะบางคนที่อยู่หนึ่ง ๆ โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในอาคารชั้นบน ๆ สิ่ง ของที่แขวนไว้อาจแกว่งไกว (I ถึง II ของมาตรารอสซี-ฟอเรล)
III	จะรู้สึกหรือสังเกตว่ามีแผ่นดินไหวได้สำหรับผู้ที่อยู่ในบ้าน โดยเฉพาะผู้ที่อยู่ในอาคารชั้นสูง ๆ แต่บุคคลส่วนใหญ่จะยังไม่ทราบว่าแผ่นดินไหวเกิดขึ้น รถยนต์ที่จอดอยู่ อาจแกว่งไกวได้บ้างเล็กน้อย การสั่นสะเทือน คล้าย ๆ กับเมื่อมีรถยนต์บรรทุกแล่นผ่าน สามารถกำหนดระยะเวลาของการสั่นไหวได้ (III ของมาตรารอสซี - ฟอเรล)
IV	ถ้าเกิดในเวลากลางวันผู้ที่อยู่ในบ้านจะรู้สึกกันทั่วไป แต่ผู้ที่อยู่นอกบ้านจะมีผู้รู้สึกว่าเกิดแผ่นดินไหวได้น้อยคน ถ้าเป็นตอนกลางคืนผู้ที่นอนหลับอยู่จะตกใจตื่นด้วยขามหน้าต่างประตูจะสั่นหรือลั่นฝาผนังจะมีเสียงร่ามีความรู้สึกคล้ายๆกับรถยนต์บรรทุกของหนักชนอาคาร รถยนต์ที่จอดอยู่สั่นไหวสังเกตได้ชัดเจน (IV ถึง Vของมาตรารอสซี - ฟอเรล)
V	รู้สึกว่าแผ่นดินไหวเกือบทุกคน หลาย ๆ คนตื่นตระหนก ด้วยขามหน้าต่าง ฯลฯ แตกหรือลั่น รูปปั้นปูนปลาสเตอร์ราววัตถุที่ไม่มั่นคงล้มคว่ำ ต้นไม้ เสา และวัตถุที่แขวนไว้ในที่สูงแกว่งไกว บางครั้งสังเกตเห็นได้ชัด นาฬิกาที่ใช้ลูกตุ้มอาจหยุดแกว่ง (VI ถึง VII ของมาตรารอสซี-ฟอเรล)
VI	รู้สึกว่าเกิดแผ่นดินไหวได้กันทุกคน หลายๆ คนตกใจวิ่งออกนอกบ้าน เครื่องประดับในบ้านที่เป็นของหนัก ๆ บางชิ้นเคลื่อน รูปปั้นปูนปลาสเตอร์แตกร่วงหรือปล่องไฟเสียหายเล็กน้อย (VI ถึง VII ของมาตรารอสซี - ฟอเรล)
VII	ทุกคนวิ่งออกนอกบ้าน เสียหายเล็กน้อยในอาคารที่ออกแบบและสร้างไว้ดี เสียหายเล็กน้อยถึงปานกลางในอาคารที่ก่อสร้างไว้ตามปกติธรรมดา เสียหายค่อนข้างมากในอาคารที่ก่อสร้างและออกแบบไว้ไม่ดี ปล่องไฟบางอันแตก คนที่กำลังขับขี่รถยนต์ก็สังเกตว่ามีแผ่นดินไหวได้ (VIII ของมาตรารอสซี - ฟอเรล)
VIII	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้ดีเป็นพิเศษเสียหายเล็กน้อย แต่เสียหายค่อนข้างมากในอาคารธรรมดาซึ่งบางส่วนจะพังทลาย เครื่องประดับบ้านขนาดใหญ่ จะล้มคว่ำทลาย และโคลนจะถูกดันขึ้นมาเล็กน้อย ระดับน้ำในบึงเปลี่ยนผู้ที่กำลังขับขี่รถยนต์จะขับขี่ไม่สะดวก (VIII ถึง IX ของมาตรารอสซี ฟอเรล)

SCALE (อันดับ)	คำอธิบาย
IX	สิ่งก่อสร้างที่ออกแบบไว้อย่างดีเสียหาย สิ่งที่อยู่ในโครงก่อสร้างที่ออกแบบได้ดีเสียหาย ศูนย์อาคารที่ก่อสร้างไว้มันคงเสียหายมาก บางส่วนพังทะลาย ตัวอาคารเคลื่อนออกจากฐานราก เกิดรอยแยกของแผ่นดินเห็นได้ชัด ท่อน้ำที่ฝังไว้ใต้ดินแตก (IX + ของมาตรา รอสซี่ - ฟอเรล)
X	อาคารไม่บางหลังที่ก่อสร้างไว้อย่างดีพัง อิฐปูนร่วงจากโครงสร้างพร้อมฐาน เกิดแผ่นดินแยกชัดเจน รางรถไฟบดงอ ดินจากชายฝั่ง หรือ ลาดชัน ถล่ม กองทรายโคลนเคลื่อนย้าย น้ำกระหลอกตามชายฝั่ง (X ของมาตรา รอสซี่ - ฟอเรล)
XI	อาคารคอนกรีตจะยังมีเหลืออยู่บ้างเพียงเล็กน้อย สะพานถูกทำลาย แผ่นดินเหลื่อม ดันอย่างกว้างขวาง ท่อน้ำ ท่อแก๊สใต้ดินแตกใช้การไม่ได้ ผิวพื้นโลกอุดหนุนและเลื่อนไปในพื้นดินที่อ่อน รางรถไฟบดงอมาก
XII	ทำลายหมดทุกสิ่งทุกอย่าง มองเห็นเป็นคลื่นบนพื้นดิน เส้นแนวสายตาและระดับบิดเบน วัตถุกระเด็นขึ้นไปในอากาศ

(ดัดแปลง สุมาลี สุนทรสาคร , 2536)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 1.3 เปรียบเทียบ ความรุนแรงของแผ่นดินไหว กับขนาดแผ่นดินไหวและอัตราเร่งของพื้นดิน

ก. ขนาดกับความรุนแรงของแผ่นดินไหว

ขนาด(MAGNITUDE)	ความรุนแรง(INTENSITY)	ระยะทาง(กม)(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 (INTENSITY)	ความเร็วเฉลี่ย (AVERAGE PEAK VELOCITY)	อัตราเร่งเฉลี่ย (AVERAGE PEAK ACCELERATION)
(MM)	(cm/sec)	($g = 980 \text{ cm/sec}^2$)
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 - 0.03g
IX	45 - 55	0.05 g - 0.55g
X - XII	60	0.60 g

(จาก BOLT, 1978)

ตาราง 1.4 ข้อมูลบางอย่างเกี่ยวกับสถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของประเทศไทย

รหัส* (CODE)	ชื่อสถานี (STATION NAME)	ตำแหน่งที่ตั้ง		ความสูง(ม) (LELV)(M)	วันเปิดทำการ (DATE OPENED)
		LATITUDE	LONGTITUDE		
CHG	เชียงใหม่ (CHIANG MAI)	18 48' 50.4"	98 56' 41.4"	416	มีนาคม 2506 MAR 1963
SNG	สงขลา (SONGKHLA)	7 10' 37.2"	100 36' 59.4"	4	ตุลาคม 2508 OCT 1965
BDT	เขื่อนภูมิพล (BHUMIBOL DAM)	17 14' 39.6"	99 00' 10.8"	156	มกราคม 2519 JAN 1976
PCT	ปากช่อง (PAK CHONG)	14 40' 51.0"	101 24' 39.6"	360	ตุลาคม 2521 OCT 1978
NST	นครสวรรค์ (NAKHON SAWAN)	15 40' 21.6"	100 07' 58.8"	34	กันยายน 2525 SEP 1982
KHT	เขื่อนเขาแหลม (KHAO LAEM DAM)	14 47' 05.4"	98 35' 33.0"	173.3	ตุลาคม 2525 OCT 1982
NNT	หนองพลับ (NONG PLAB)	12 35' 23.4"	99 44' 01.8"	106.2	พฤศจิกายน 2525 NOV 1982
LOE	เลย (LOEI)				

* ดังแสดงในรูปที่ 1.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

อาจกล่าวได้ว่ามนุษย์ได้พยายามหาคำตอบมาช้านานแล้วว่า แผ่นดินไหวเกิดมาได้อย่างไรซึ่งสามารถรวบรวมได้เป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือ แผ่นดินไหวเกิดจากสิ่งเหนือธรรมชาติ (Supernatural) กับ แผ่นดินไหวที่เกิดจากสิ่งภายใต้ธรรมชาติ (Natural) พวกที่เชื่อว่าแผ่นดินไหวเป็นปรากฏการณ์เหนือธรรมชาติยกต่อการพิสูจน์ ปัจจุบันก็ยังมียุ่เฉพาะกับพวกเคร่งศาสนาโดยแนวความคิดหนักแน่นไปในรูปของพวกที่เชื่อเรื่องโลกแบนหรือโลกกลวง (Flatten Earth หรือ Hollw Earth) เช่นในประเทศอังกฤษ ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากพวกยุโรปแต่สมัยโบราณเพราะมนุษย์ในสมัยนั้นมีความเข้าใจถึงธรณีวิทยาน้อยมาก เมื่ออธิบายไม่ได้ในตอนนั้นจึงต้องทึกทักตัวเองว่าเป็นสิ่งผิดธรรมชาติ ในเรื่องแผ่นดินไหวนี้ คนไทยสมัยโบราณก็คิดเหมือนกันว่าเป็นเพราะปลาอานนท์พลิกตัว เมื่อแบกรับโลกอยู่นานๆ ก็เกิดความเมื่อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนท่าแบกเสียใหม่ให้หายเมื่อย(จะได้สมดุลใหม่) ในต่างประเทศเช่นญี่ปุ่นก็มีเรื่องเล่าแบบนี้เหมือนกัน แต่ของเขาเป็นปลาคุยกัยแทน (ภาษาญี่ปุ่น เรียก Namazu) ซึ่งก็เกิดการขยับตัวเหมือนกัน(คงจะให้เกิดการสมดุลอีกนั่นแหละ)

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

2.1 ชนิดของการเกิดแผ่นดินไหว

ถ้าจะแบ่งชนิดของการเกิดแผ่นดินไหว 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 ด้วยของ

หนักๆ อาจกล่าวได้ว่าการเกิดแผ่นดินไหวทั้งหมดทุกรูปแบบนี้สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องบันทึกความสั่นสะเทือน (Seismograph) ได้ทั้งหมด หนังสือทางธรณีวิทยาเบื้องต้นหลายเล่ม (เช่น Press & Servier, 1980) ได้รายงานว่ามีแผ่นดินไหวเพียงหนึ่งก้าวไกลๆ เครื่องบันทึกแบบใช้แสงที่เรียกว่า Optical Seismograph ก็สามารถตรวจจับการไหวสะเทือนได้ ในปัจจุบันเครื่องมือบันทึกได้พัฒนาไปมาก มีการรายงานว่าถ้าหากให้ตำแหน่งระหว่างนครนิวยอร์ก และนครลอนดอนเคลื่อนไปจากเดิม 1 ซม เครื่องมือดังกล่าวนี้ก็สามารถตรวจจับได้อย่างง่ายดายเพราะสิ่งใดๆ ก็ตามที่มีการเคลื่อนที่สัมผัสกับอีกสิ่งหนึ่งย่อมก่อให้เกิดคลื่นสั่นสะเทือนซึ่งสามารถตรวจจับได้ทั้งนั้น

แต่แผ่นดินไหวที่มีขนาดใหญ่ๆ (คือตั้งแต่ขนาด 5-6 ริกเตอร์ขึ้นไป) มักเป็นแผ่นดินไหวธรรมชาติที่เกิดขึ้นในโลกเนื่องจากภาวะในเปลือกโลกอยู่ในภาวะกดดันหรือไม่สมดุลย์(ดูรายละเอียดในส่วนถัดไป) มากกว่าที่จะเกิดจากแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากมายหลายเท่า

แผ่นดินไหวจากการระเบิดของภูเขาไฟ เป็นแผ่นดินไหวตามธรรมชาติอีกรูปแบบหนึ่งที่เกิดจากการที่หินหนืดจากกระเปาะภายในโลกลึกตั้งแต่ 3-20 กิโลเมตรเคลื่อนที่ขึ้นมาสู่มิวโลก ความแรงของการขับเคลื่อนหินหนืดปริมาณมาก ๆ จะทำให้เกิดแรงดันจนเกิดเป็นคลื่นความสั่นสะเทือนและเกิดแผ่นดินไหวในที่สุด

2.2 ทฤษฎีกลไกการเกิดแผ่นดินไหว (Earthquake mechanism)

กลไกการเกิดแผ่นดินไหวเท่าที่เป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน สามารถอธิบายได้ด้วย 2 ทฤษฎี คือ

1. ทฤษฎีที่ว่าด้วยการขยายตัวของเปลือกโลก (Dilation source theory) ซึ่งเชื่อว่าแผ่นดินไหวเกิดจากการที่เปลือกโลกเกิดการคดโค้งงออย่างฉับพลัน และเมื่อวัตถุขาดออกจากกันจึงปลดปล่อยพลังงานออกมา ในรูปคลื่นแผ่นดินไหว
2. ทฤษฎีที่ว่าด้วยการคืนตัวของวัตถุ (Elastic rebound theory) ซึ่งเชื่อว่าแผ่นดินไหวเกิดจากการสั่นสะเทือน อันเป็นผลมาจากการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน(Fault) ดังนั้นเมื่อเกิดการเคลื่อนที่ถึงจุดหนึ่งวัตถุจึงขาดออกจากกัน และเสีรูปร่างอย่างมากพร้อมกับการปลดปล่อยพลังงานออกมา และหลังจากนั้นวัตถุก็คืนตัวกลับสู่รูปเดิม

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

โดยให้ D = ความยาวรอยเลื่อน(ฟุต) และ M = ขนาดแผ่นดินไหว(ริกเตอร์)

ตามที่ได้กล่าวแล้วในตอนท้ายของส่วนนำในบทนี้ จุดที่เกิดแผ่นดินไหวหรือการกระจายตัวของตำแหน่งที่เกิดแผ่นดินไหวนั้นเป็นไปอย่างมีระเบียบแบบแผน และกลไกการเกิดแผ่นดินไหวทั้งสองลักษณะนี้ทำให้ต้องกลับมาถามว่าเพราะเหตุใดแผ่นดินไหวจึงมักเกิดแบบนั้นตรงนั้น และด้วยวิธีนี้ ทฤษฎีหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปในปัจจุบัน ก็คือ ทฤษฎีธรณี(วิทยา)แปรสัณฐาน หรือ Theory of Plate

Tectonics ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการเคลื่อนตัวของแผ่นเปลือกโลก(Lithosphere) ไปบนฐานธรณี (Asthenosphere)

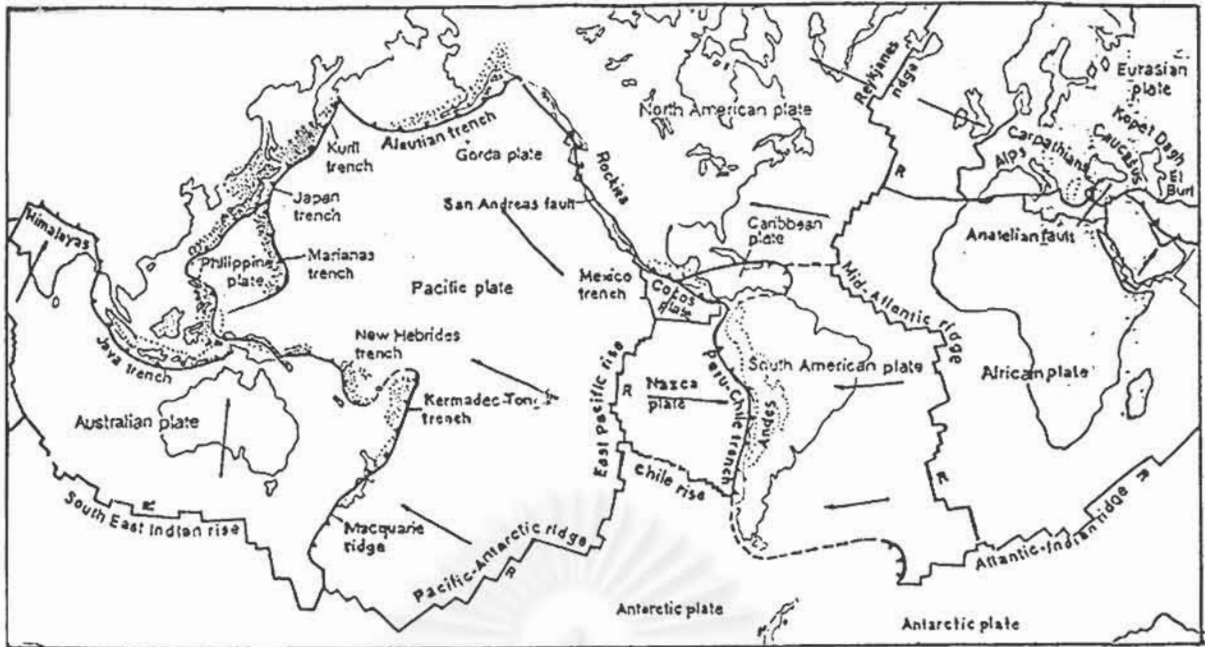
กล่าวโดยย่อทฤษฎีนี้เชื่อว่า พื้นผิวโลกประกอบด้วยแผ่นต่างๆ หลายแผ่น (เชื่อว่าประมาณ 10 แผ่น ดูรูป 2.1) ใหญ่บ้างเล็กบ้างต่อกันแบบตัวต่อ (Jigsaw puzzle) ที่ขยักกันตามท้องตลาด เรียก Lithospheric plate แผ่นที่เกิดบางส่วน ก็เป็นพื้นดิน บ้างก็เป็นพื้นน้ำ ในรูป 2.1 แผ่นอเมริกาเหนือ (North America Plate) ก็เป็นที่ตั้งของทวีปอเมริกาเหนือ แผ่นอินโดออสเตรเลีย (Indo-Australian Plate) ก็ประกอบด้วย ประเทศอินเดีย ไหลลงมาทางตอนใต้สู่พื้นมหาสมุทรอินเดีย ผ่านไปจนถึงทวีปออสเตรเลีย ประเทศไทยอยู่บนแผ่นยูเรเชีย (Eurasian Plate) นี้

แผ่นหรือ Plate เหล่านี้ มีความหนาดังแต่ 5 - 80 กิโลเมตรกล่าวคือ โดยทั่วไปแผ่นที่รองรับ มหาสมุทร (Oceanic Plate) จะมีความหนาไม่มากนักประมาณ 5 - 8 กิโลเมตร ในขณะที่แผ่น(เปลือกโลก)ที่รองรับพื้นดินหรือแผ่นทวีป (Continental Plate) มักมีความหนามากกว่า คือหนาประมาณ 30 - 80 กิโลเมตร แผ่นเปลือกโลกที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ โดยวางตัวอยู่บนชั้นหินซึ่งมีลักษณะค่อนข้างจะอ่อนนุ่ม (Soft) ในทางธรณีวิทยาเรียกว่าฐานธรณีภาค หรือแอสทีโนสเฟียร์(Asthenosphere) ซึ่งที่นี้จะมีการถ่ายเท อุณหภูมิจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และก่อให้เกิดแรงผลักดัน ทำให้แผ่นเปลือกโลกซึ่งลอยตัวอยู่ข้างบน นั้นเคลื่อนที่ไปได้ จากการศึกษาพบว่า การเคลื่อนที่ของแผ่นซึ่งลอยอยู่ข้างบนนั้นมีการเคลื่อนที่ที่มีทิศทางที่เป็นระบบ (ดูสรในรูปที่ 2.1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก)

การที่แผ่นต่าง ๆ เหล่านี้มีการเคลื่อนที่หรือขยับตัวอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นการกระทบกระทั่งที่ขอบ หรือรอยต่อของแผ่นดังกล่าว จึงเกิดขึ้นได้เป็นธรรมดาเช่นกัน แต่เนื่องจากแผ่นดังกล่าวนี้มีความหนาบาง ไม่เท่ากันอีกทั้งยังมีความแข็งอ่อนไม่เท่ากัน จึงทำให้เกิดโครงสร้างต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนตัวของ แผ่นอีกมากมาย เช่น การเคลื่อนที่เข้าหากัน(Convergent Plate Motion) ซึ่งมี 2 แบบ คือ

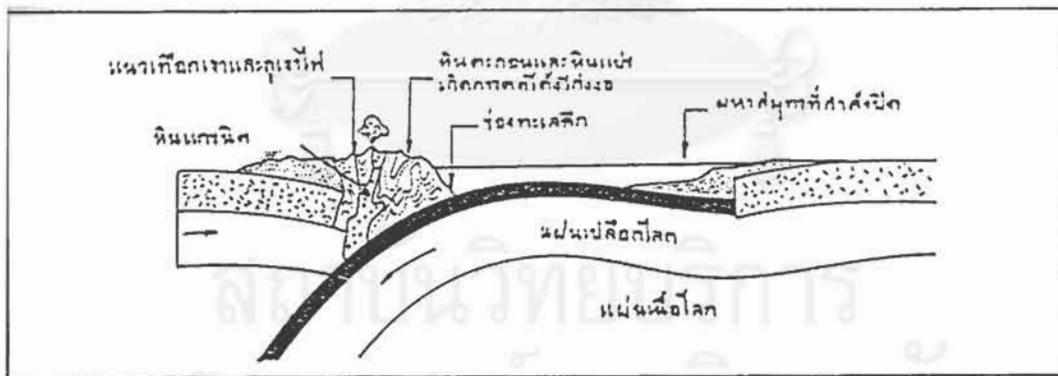
1. การมุดตัว (Subduction) เป็นโครงสร้างที่เกิดขึ้นในลักษณะที่เปลือกโลกแผ่นหนึ่ง มุดลงใต้ เปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่งดังแสดงในรูป 2.2 แผ่นที่บางกว่าและอ่อนกว่าซึ่งมักจะเป็นแผ่นมหาสมุทร (Oceanic Plate) มุดลงอยู่ลงในข้างใต้แผ่นทวีปซึ่งมีความแข็ง (Rigid) และหนากว่า กรณีนี้มักจะเกิดขึ้น โดยทั่วไป และมักจะก่อให้เกิดแผ่นดินไหวที่ปรากฏให้เห็นอยู่บ่อย ๆ เช่น กรณีแผ่นดินไหวที่เมืองเม็กซิโก ในปี 2528 หรือแผ่นดินไหวที่มหานครซานฟรานซิสโก ในปี 2532 กล่าวคือ แผ่นดินไหวมักจะเกิดบริเวณ รอยต่อระหว่างแผ่นที่มุดลงไปกับแผ่นที่อยู่ข้างบน แผ่นดินไหวส่วนใหญ่จึงมีจุดกำเนิดอยู่ลึก ๆ (Deep-focus Earthquake) และหลายครั้งที่มีอันตราย

2. การชนกัน(Collision) เกิดจากการที่แผ่นทวีปหนึ่งเคลื่อนตัวชนกับแผ่นทวีปอีกแผ่นหนึ่ง ซึ่งมีความหนาและแข็งทั้งคู่ ซึ่งกรณีนี้ส่วนใหญ่จะไม่ทำให้เกิดการมุดตัวดังเช่นกรณีแรก แต่จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางธรณีวิทยา แสดงลักษณะเป็นภูเขาสูง เช่น ในกรณีของเทือกเขาหิมาลัย เป็นต้น (ดูรูป 2.3) การเคลื่อนตัวชนกันของแผ่นเปลือกโลกลักษณะนี้ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ ได้ เช่น ที่ประเทศ



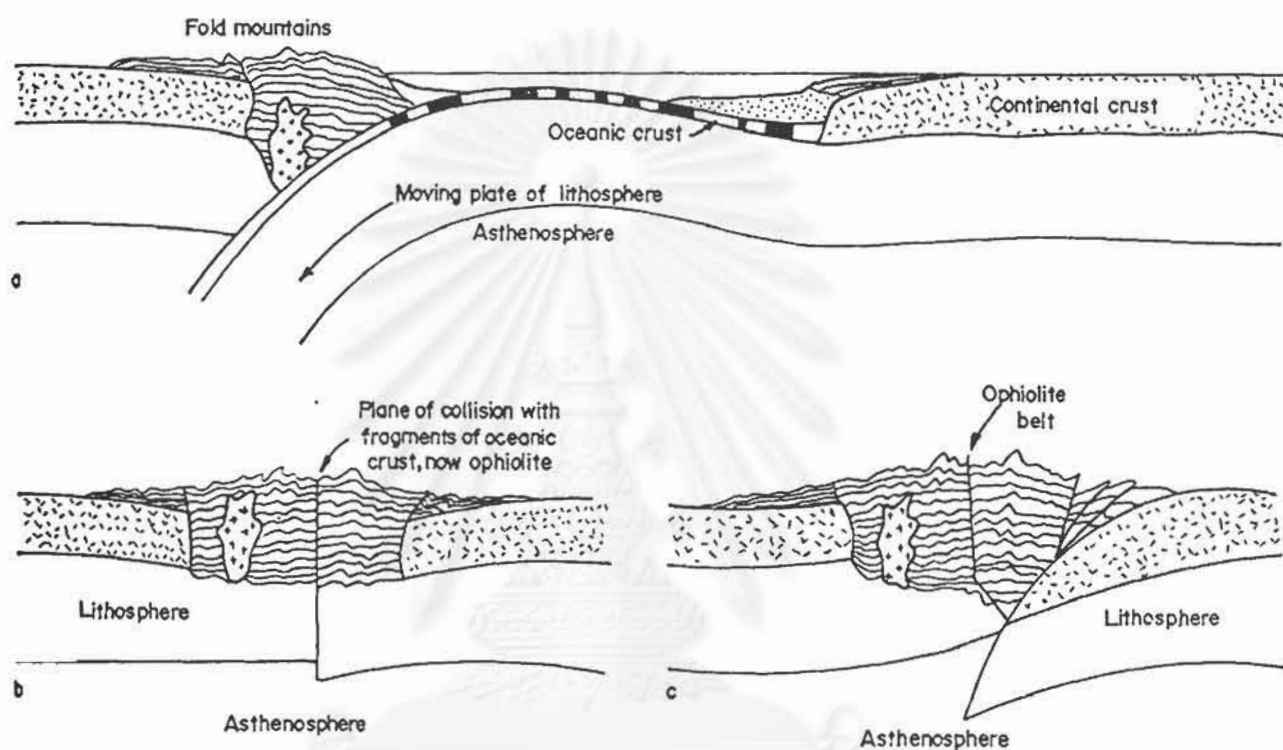
- แนวการมุดตัว
- แนวรอยไม่ชัดเจน
- transform
- ทิศทางที่แผ่น
- R — แนวสันสมุทร
- ▨ area of deep focus earthquake

รูป 2.1 แผนที่โลกแสดงการกระจายตัวของเปลือกโลก (Lithospheric plate) ลูกศรหมายถึงทิศทางโดยเคลื่อนที่แผ่นเปลือกโลกเกิดการเคลื่อนที่ไป



เมื่อเปลือกโลกชนกัน โดยทั่วไปจะมีแผ่นหนึ่งมุดตัวลงด้านล่าง แผ่นที่วางทับอยู่ด้านบนจะถูกอ้อและยกตัวสูงขึ้นและทำให้เกิดร่องทะเลลึก(deep-sea trench) ซึ่งก็คือส่วนที่ลึกที่สุดในมหาสมุทร แนวเทือกเขาสูง ภูเขาไฟ และแผ่นดินไหวที่มีความรุนแรง ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสัมพันธ์กับบริเวณที่มีการชนกันของเปลือกโลกดังกล่าว

รูป 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบมุดตัว (Subduction) ของเปลือกโลกแผ่นหนึ่งลงไปได้เปลือกโลกอีกแผ่นหนึ่งตามทฤษฎีธรณีแปรสัณฐาน (geotectonics)



การเกิดเขັดคโค้ง เนื่องจากการชนกันของแผ่นเปลือกทวีป 2 ทวีป

a) ชนกันแล้วเกิดเป็นเทือกเขาอย่างในทวีปอเมริกาใต้ทางตะวันตก

b) ชนกันแล้วเพิ่มขนาดของระบบภูเขา และ

c) เกิดการเลื่อนตัวย้อนได้

รูป 2.3 ตั้กษณะการเคลื่อนที่เข้าหากันแบบชนกัน (Collision) ของเปลือกโลกสองแผ่นจนก่อให้เกิดภูเขาสูงได้

ตุรกี อิหร่าน โรมานี และ ในประเทศจีน เป็นต้น แผ่นดินไหวที่สัมพันธ์กับโครงสร้างชนิดนี้มักจะมีขนาดใหญ่อยู่ลึก ก่อให้เกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินและชีวิตมนุษย์มาก

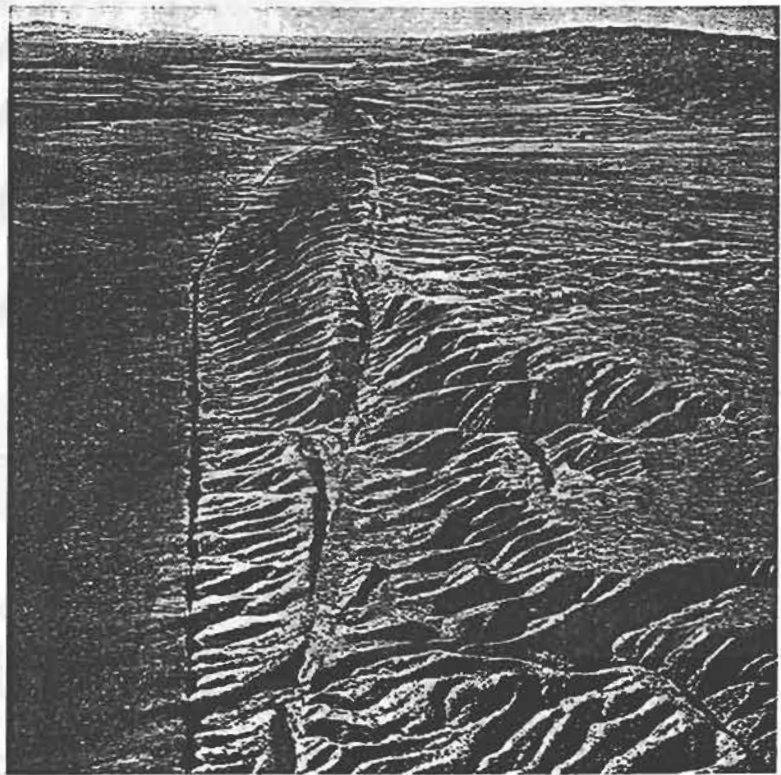
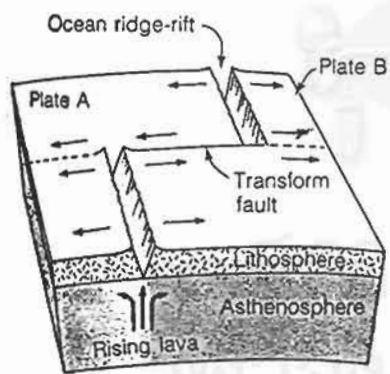
นอกจากนั้นก็มีการเคลื่อนที่ออกจากกัน (Divergent Plate Motion) ซึ่งคือการแยกตัวออกจากกัน (Spreading) การแยกตัวออกจากกันนี้ เป็นสภาพที่เปลือกสมุทรหรือพื้นมหาสมุทรเกิดการแยกตัวออกจากกันบริเวณสันกลางสมุทร (Mid-Oceanic Ridge) ที่บริเวณนี้หินหลอมละลาย (Magma) จะดันตัวขึ้นมาตามรอยแยกนี้ และอัดหรือดันตัวออกไปทางด้านข้าง (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 ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวระดับตื้นจนถึงปานกลางและไม่ค่อยทำความเสียหายเท่าใด เพราะส่วนใหญ่มีจุดกำเนิดอยู่ในทะเลดังกล่าวอยู่บนแผ่นดิน เช่น ที่เกิดในรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศอเมริกาจะปรากฏเป็นรอยเลื่อนยักษ์ ซึ่งเรียก San Andreas Fault (หรือรอยเลื่อนซานแอนเดรียส) เมื่อมีการเทียบค่าทำความเสียหายปีหนึ่งหลายล้านบาท และเป็นแผ่นดินไหวที่จัดว่ามีขนาดใหญ่

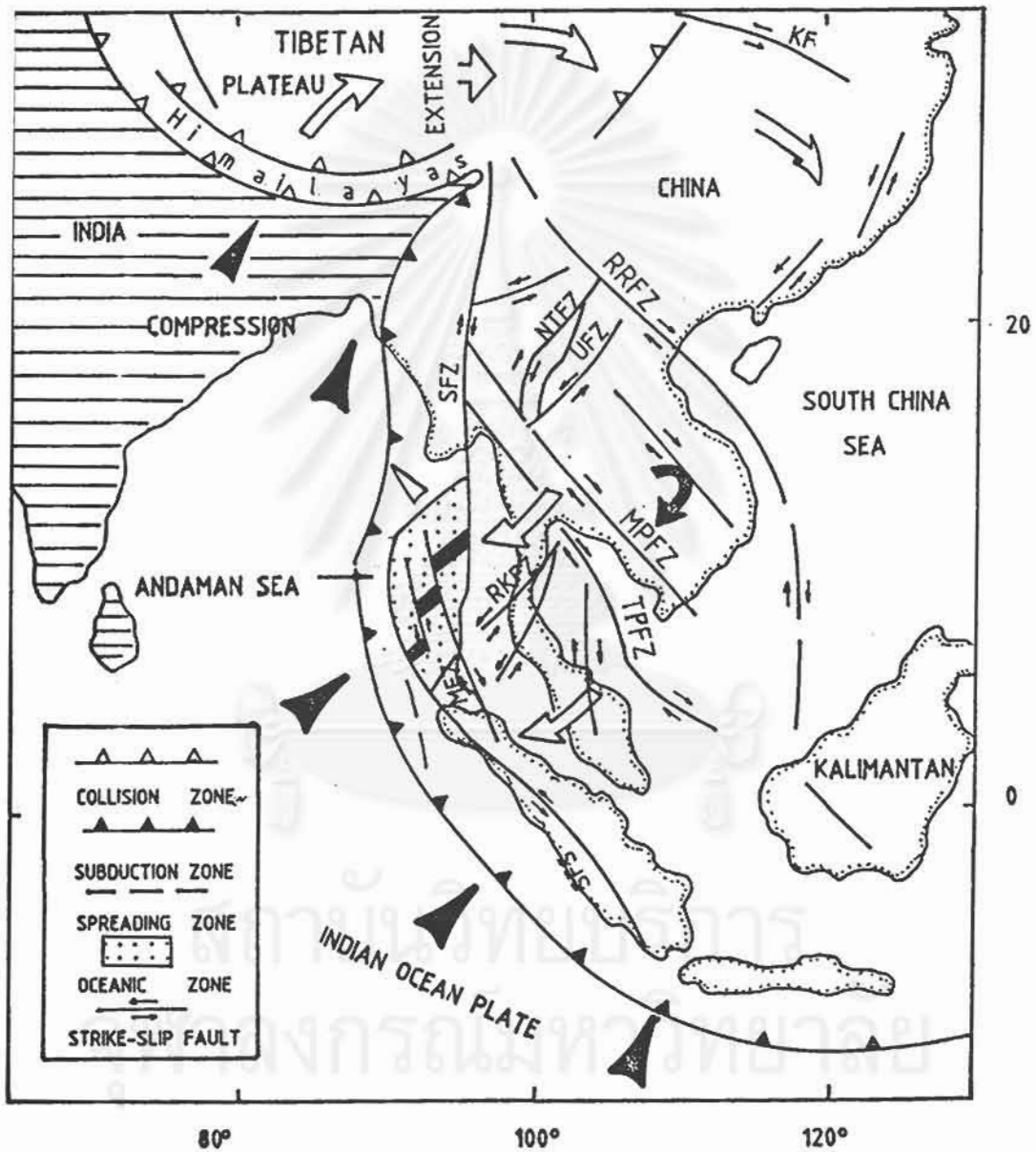
ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า ลักษณะโครงสร้างของแผ่นเปลือกโลกที่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวที่สำคัญมีอยู่ไม่กี่บริเวณ ถ้าสามารถจัดโครงสร้างดังกล่าวได้ การศึกษาเรื่องราวสาเหตุการเกิดแผ่นดินไหวจะไมยากนัก

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

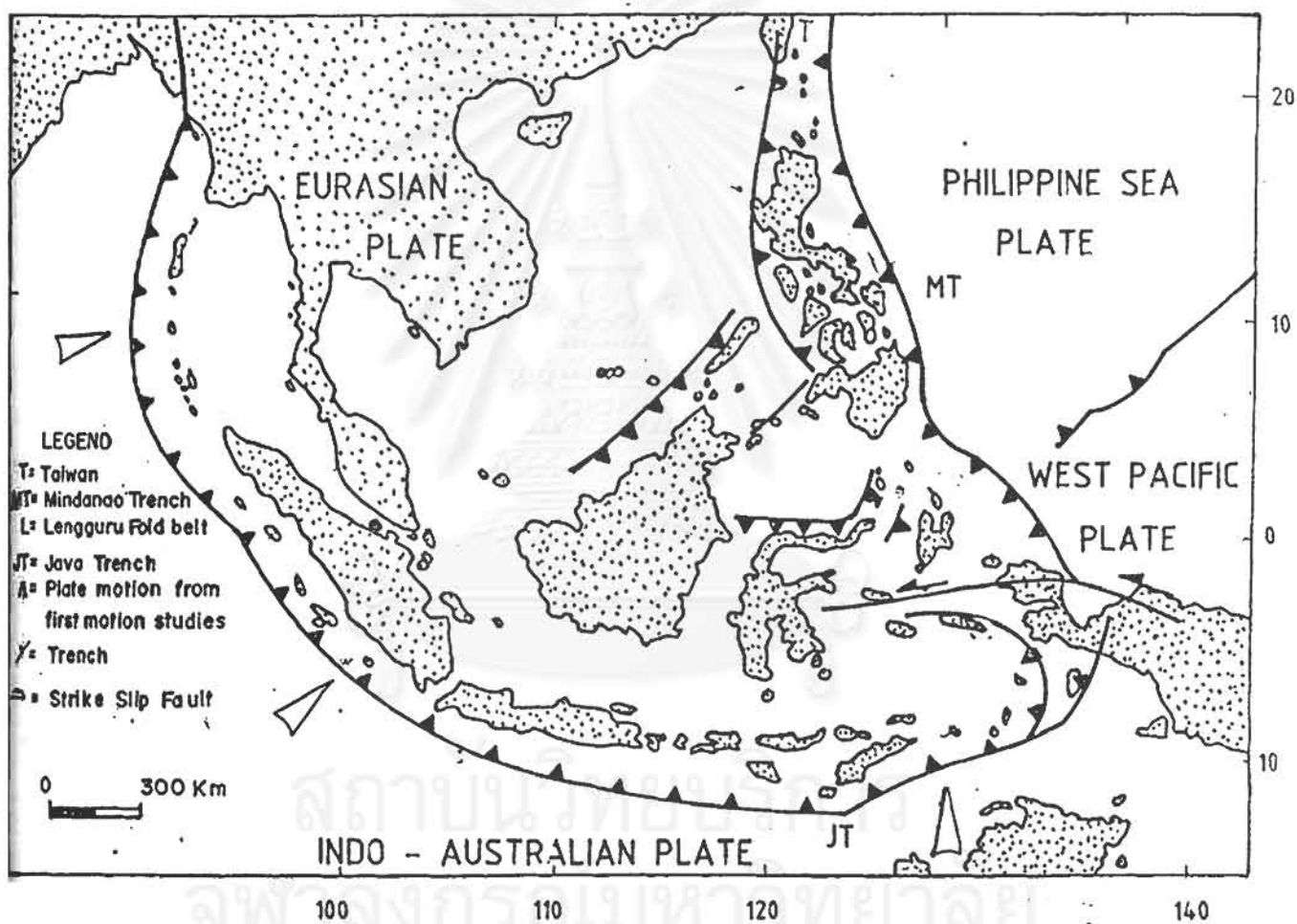
สำหรับประเทศไทย โครงร่างแผ่นเปลือกโลก (Tectonic plates) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอาณาบริเวณซันดา (Sunda land) รูป 2.6 และถ้ายึดถือโครงสร้างแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ หรือเอเชียตะวันออกเฉียง ในช่วงอายุทางธรณีกาลล่าสุด (Late Cenozoic) เป็นเกณฑ์ (รูป 2.7) จะพบว่าส่วนของประเทศไทย และประเทศใกล้เคียงเป็นส่วนใต้สุดของแผ่นเปลือกโลกชนิดแผ่นทวีปที่เรียกว่า แผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) ซึ่งล้อมรอบด้วยแผ่นเปลือกโลกชนิดแผ่นมหาสมุทรอีก 2 แผ่น คือ แผ่นอินเดีย (Indian plate) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Indian-Australian plate และมีรอยต่อของแผ่นเปลือกโลก (Plate Boundary) ตั้งแต่ตะวันตกของประเทศไทย อ้อมหมู่เกาะสุมาตรา และหมู่เกาะซาวาไปทางใต้ และแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิก (Pacific plate) ซึ่งเป็นส่วนตะวันตกของแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (West Pacific plate) และมีรอยต่อระหว่างแผ่นอยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย



รูป 2.5 ลักษณะการเคลื่อนที่ผ่านกัน (Transform plate motion) ซึ่งทำให้แผ่นเปลือกโลกสองแผ่นเคลื่อนที่ผ่านกัน



รูป 2.6 โครงสร้างการแปรสัณฐานแผ่นเปลือกโลก (Tectonic framework of plates) ของผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อันเป็นส่วนหนึ่งของดินแดนซันดา (Sundaland) ของเอเชีย



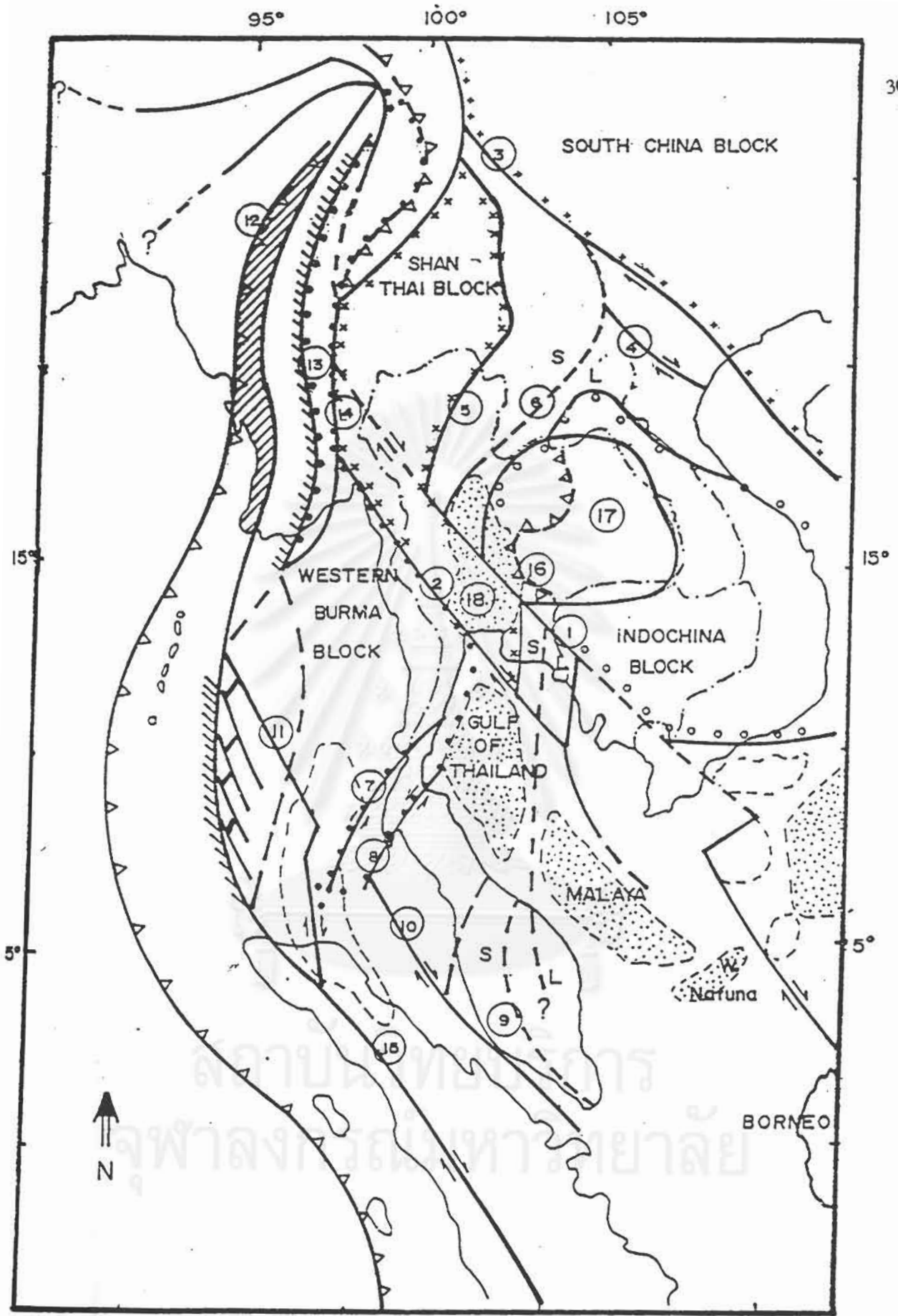
รูป 2.7 เอเชียตะวันออกเฉียงใต้แสดงตำแหน่งที่ตั้งของแผ่นฟิลิปปินส์ แผ่นแปซิฟิกตะวันตกและแผ่นยูเรเชีย

นอกจากแผ่นเปลือกโลกดังกล่าวแล้วตรงบริเวณรอยต่อกันระหว่างแผ่นทวีปยูเรเชีย(Eurasian plate) และแผ่นมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันตก (West Pacific plate) ยังมีแผ่นทะเลฟิลิปปินส์ (Philippine sea plate) อีกแผ่นหนึ่ง (รูป 2.7)

สำหรับส่วนประกอบของแผ่นเปลือกโลกของบริเวณย่านนี้ประกอบด้วยแนวการมุดตัว (Subduction zone) ระหว่างรอยต่อระหว่างแผ่นต่าง ๆ แนวสันเปลือกโลกใต้ทะเล , รอยเลื่อนชนิดต่าง ๆ รวมทั้งแอ่งสะสมตะกอนชนิดต่าง ๆ ด้วย รูป 2.8 หรือ 7.7 (ของญี่ปุ่น) แสดงถึงแผ่นเปลือกโลก(Lithospheric plate) และแผ่นเปลือกโลกย่อย (Micro plates) รอบประเทศไทย และทิศทางการเคลื่อนตัวของแผ่น เมื่อเทียบกับการชนกันระหว่างแผ่นอินเดียกับแผ่นยูเรเชียของเอเชีย จากรูปทั้งสองดังกล่าวนี้จะเห็นได้ว่า แผ่นดินไหวมักเกิดอยู่ตรงรอยต่อระหว่างแผ่น(เปลือกโลก) ในขณะที่บริเวณภายในแผ่นจะเป็นบริเวณที่มีความเสถียรมากกว่า และมีแผ่นดินไหวเกิดน้อยกว่า ดังนั้นบริเวณที่เป็นมณฑลเสถียรหรือเปลือกโลกเก่าแก่ (Shield Area) บนทวีปหรือพื้นมหาสมุทรจึงเป็นบริเวณที่เปลือกโลกที่เข้าสู่สภาวะสมดุลทางธรณีวิทยาแล้ว และไม่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหว

ประเทศไทย (ดูรูป 2.8) เป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Southeast Asian Plate) โดยประชิดติดกับแผ่นจีน (China) ทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ แผ่นอินเดีย (Indian หรือ Indo-Australian) ทางด้านตะวันตก ส่วนทางตะวันตกเฉียงเหนือติดกับแผ่นทิเบต (Tibetan) ดูเหมือนว่าแผ่นยูเรเชียแทบจะหยุดนิ่งกับที่ขณะที่แผ่นอินโด-ออสเตรเลียเคลื่อนขึ้นมาจากด้านเหนือในลักษณะตามเข็มนาฬิกา (Clockwise component) และแผ่นแปซิฟิกเคลื่อนตัวออกไปทางตะวันตก ด้วยภาวะเช่นนี้ย่อมทำให้ขอบของแผ่น(เปลือกโลก)เหล่านี้แสดงสภาพที่เป็นร่องลึก (Trench) และแนวเลื่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นผลมาจากแนวการแยกตัวออกจากกัน (Spreading zone) ในทะเลอันดามันก็ยังคงเป็นแนวการเกิดแผ่นดินไหวด้วย ในหลักการทั่วไปการเกิดการเคลื่อนตัวแนวราบเป็นหลักการสำคัญต่อการเกิดแผ่นดินไหวชนิดตื้น (Shallow-focus earthquake) ในขณะที่การเคลื่อนตัวแบบเฉียง (Oblique slip-fault) ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวระดับกลาง (Intermediate earthquake) มากกว่า

ประเทศไทยตั้งอยู่ในบริเวณที่เป็นเขตที่ยังมีแรงเคลื่อนไหวแบบแปรสัณฐาน(แรงเคลื่อนไหวภายในโลก) 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 ใกล้เคียงขนาดใหญ่ที่เกิดแผ่นดินไหวจริงหรือ รูป 2.6 แสดงบริเวณแผ่นเปลือกโลกทวีปซันดา (Sunda land) คือส่วนหนึ่งของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Tapponnier และ คณะ, 1986) ส่วนรูปที่ 2.7 แสดงให้เห็นถึงโครงร่างแผ่นเปลือกโลก และโครงสร้างแบบแปรสัณฐานบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Suensilpong , 1977)



รูป 2.8 แผ่นเปลือกโลกที่ประกอบขึ้นมาเป็นประเทศไทยและรอยเลื่อนใหญ่ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

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(Sagaing)Belt
⑮	Sumatra Fault
⑯	Klong Monocline
⑰	Khaorat 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 ในส่วนแรกเป็นการศึกษาข้อมูลที่ได้มาจากการบันทึกโดยตรงเช่นสถานีจารึก จดหมายเหตุ บันทึกต่าง ๆ ทั้งทางดาราศาสตร์และทางประวัติศาสตร์ นับตั้งแต่สมัยพุทธเจ้าเสด็จปรินิพพาน ประมาณเมื่อทศวรรษที่แล้ว ศาสตราจารย์ปริญญา นุตาลัย (Nutalaya และคณะ, 1985) และสิริลักษณ์ จันทรางค์สุ(1986) นับได้ว่าเป็นบุคคลกลุ่มแรกที่ได้อบรมรวมข้อมูลดังกล่าวอย่างเป็นระบอบโดยละเอียด สำหรับส่วนที่สองเป็นข้อมูลจากเครื่องมือวัดทั้งที่ได้จากกรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลทั้งสองส่วนมีดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลทางประวัติศาสตร์

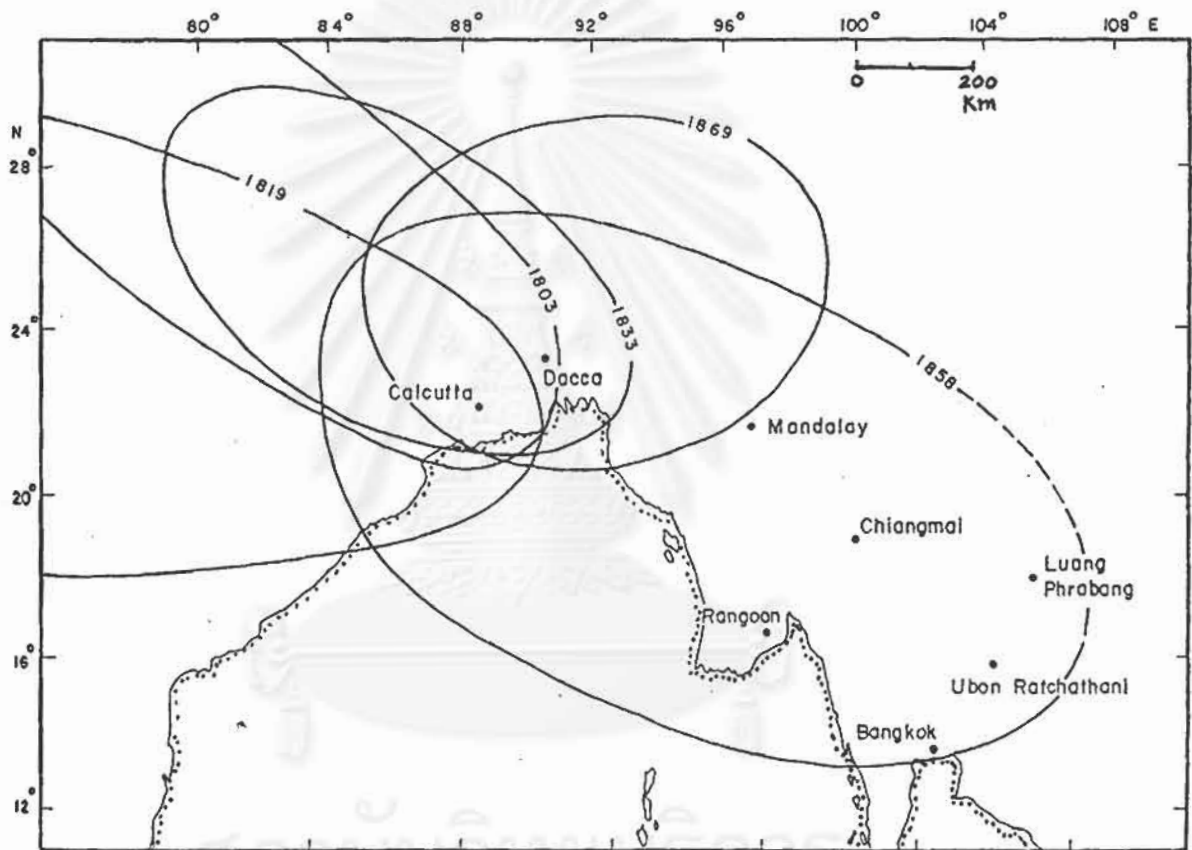
ข้อมูลแผ่นดินไหวในประเทศไทย และประเทศข้างเคียงที่มีบันทึกความเสียหายตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ. 2443 ที่มีขนาดความรุนแรง (มาตราเมอร์คัลลี) ตั้งแต่ VII ได้แสดงไว้ในตาราง 3.1 ซึ่งสังเกตได้ว่ามีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นทั้งหมด 27 ครั้ง จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ทำให้ Nutalaya และคณะ (1985) สรุปว่าแผ่นดินไหวที่โยนกนคร(หรือเชียงแสน) ซึ่งปัจจุบันอยู่ทางตอนใต้สุดของประเทศจีน หรือ ณ ที่ใดยังเป็นที่ยกเถียงกันอยู่ในปัจจุบันบ้างก็ว่าอยู่ในไทยบ้างก็ว่าอยู่ในจีน 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 นับตั้งแต่นั้นจนถึงปัจจุบันคิดแล้วก็คือประมาณร่วม 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 ซึ่งทำให้ทราบว่าเท่าที่มีการศึกษา และบันทึกหลักฐานทางประวัติศาสตร์พบว่า มีแผ่นดินไหวในประเทศพม่าจนถึงอินเดีย และบริเวณแถบข้างเคียงรวมมากกว่า 50 ครั้ง และมีหลายครั้งที่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ใน

บริเวณแถบมณฑลยูนนานของจีน (ดูรายละเอียดในหัวข้อ 3.2) หรือพม่า บังกลาเทศ หรือแม้แต่ทางเหนือของอินเดียก็สามารถรู้สึกได้ในประเทศไทยในหลายบริเวณ ตัวอย่างที่ดีสำหรับหลักฐานดังกล่าวได้มาจากการศึกษาของ Oldham (1883) ซึ่งพบว่าเมืองหลายเมืองในบริเวณแถบอ่าวเบงกอล เช่นเมืองกัลกัตตา (Calcutta) ของอินเดีย และเมืองเดคคา (Decca) ของบังกลาเทศพบว่ามีแผ่นดินไหวใหญ่ๆ เกิดหลายครั้งในช่วงศตวรรษที่ 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) ปรากฏว่าการสั่นสะเทือนรุนแรงมาก เพราะรู้สึกเข้ามาถึงกรุงเทพฯ เชียงใหม่ อุบลราชธานี และไปถึงเมืองหลวงพระบางของประเทศลาว แผ่นดินไหวใกล้กับเมืองมันตะเลย์ (Mandalay) ของตอนกลางประเทศพม่าก็เช่นเดียวกัน 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(หนังสือพิมพ์บางกอกไทม์ ฉบับมกราคม, 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

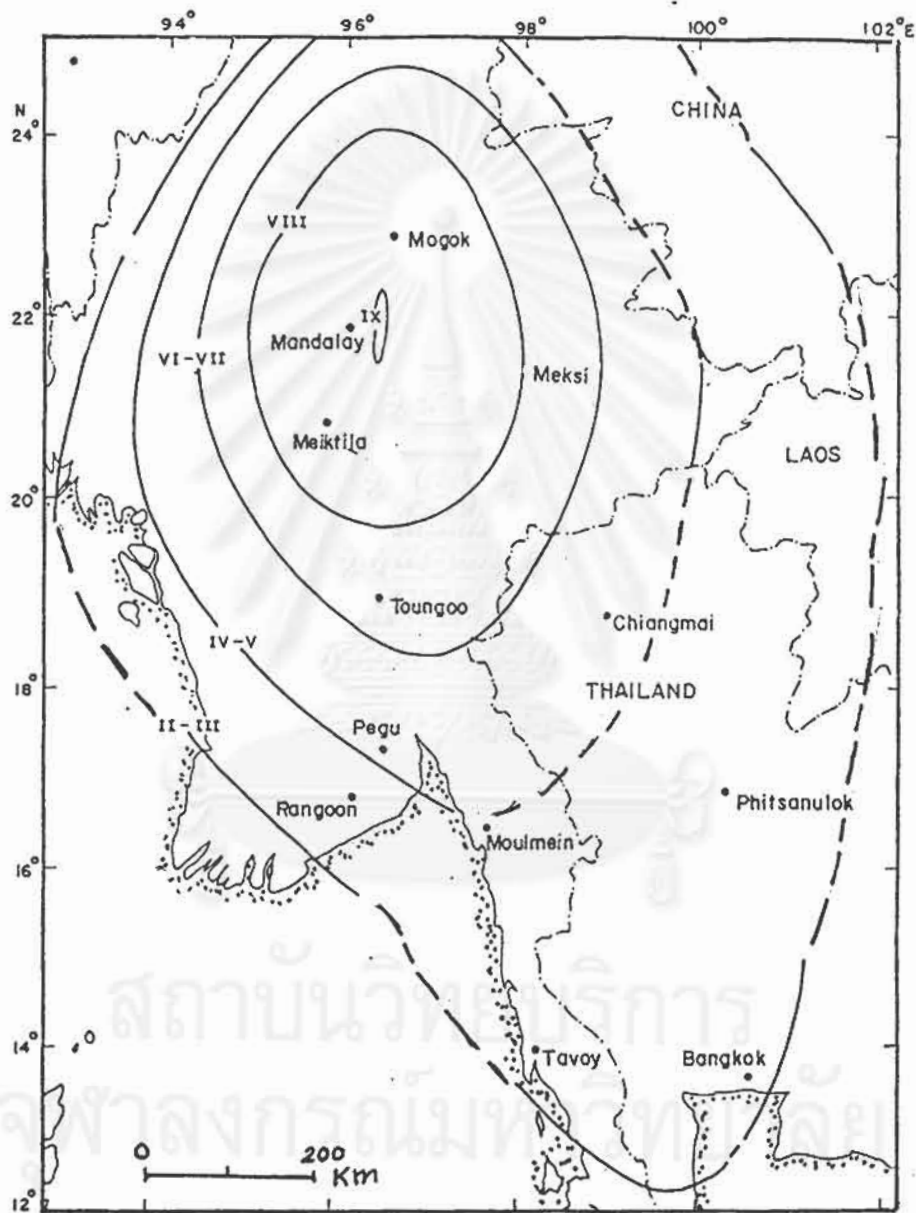
หลังจากนั้นก็ยังมีแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทยเกิดขึ้นอีกหลายครั้ง นอกเหนือจากที่นครโยนก (รูป 3.4) ดังปรากฏในตารางที่ 3.3 แต่ก็ไม่พบความเสียหายเกิดขึ้นมากเท่าใดเช่นกัน ในช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา แผ่นดินไหวขนาดปานกลางได้เกิดขึ้นบ้างในภาคเหนือของไทย บ้างก็ทำให้เกิดความเสียหาย เช่น 17 กุมภาพันธ์ 2518 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, โรงเรียน และวัดต่าง ๆ นับสิบ ๆ แห่ง บางแห่งถึงกับใช้การไม่ได้

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



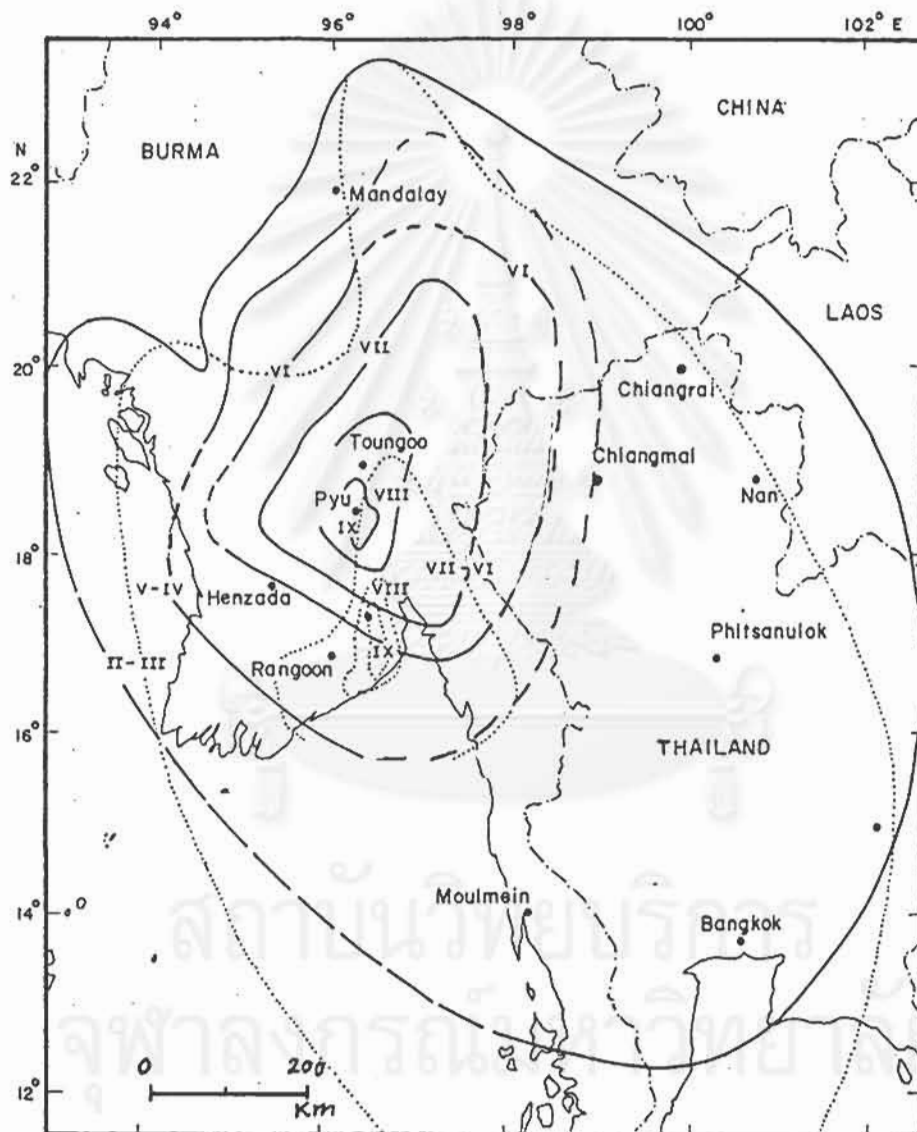
Boundaries of Seismic Areas of 19 th Century Indian Earthquakes
(after Oldham , 1883)

รูป 3.1 การเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ในแถบอ่าวเบงกอล อินเดีย และบังคลาเทศ เมื่อ พ.ศ. 2346, 2362 และ 2401 ที่รู้สึกได้จนถึงกรุงเทพฯ

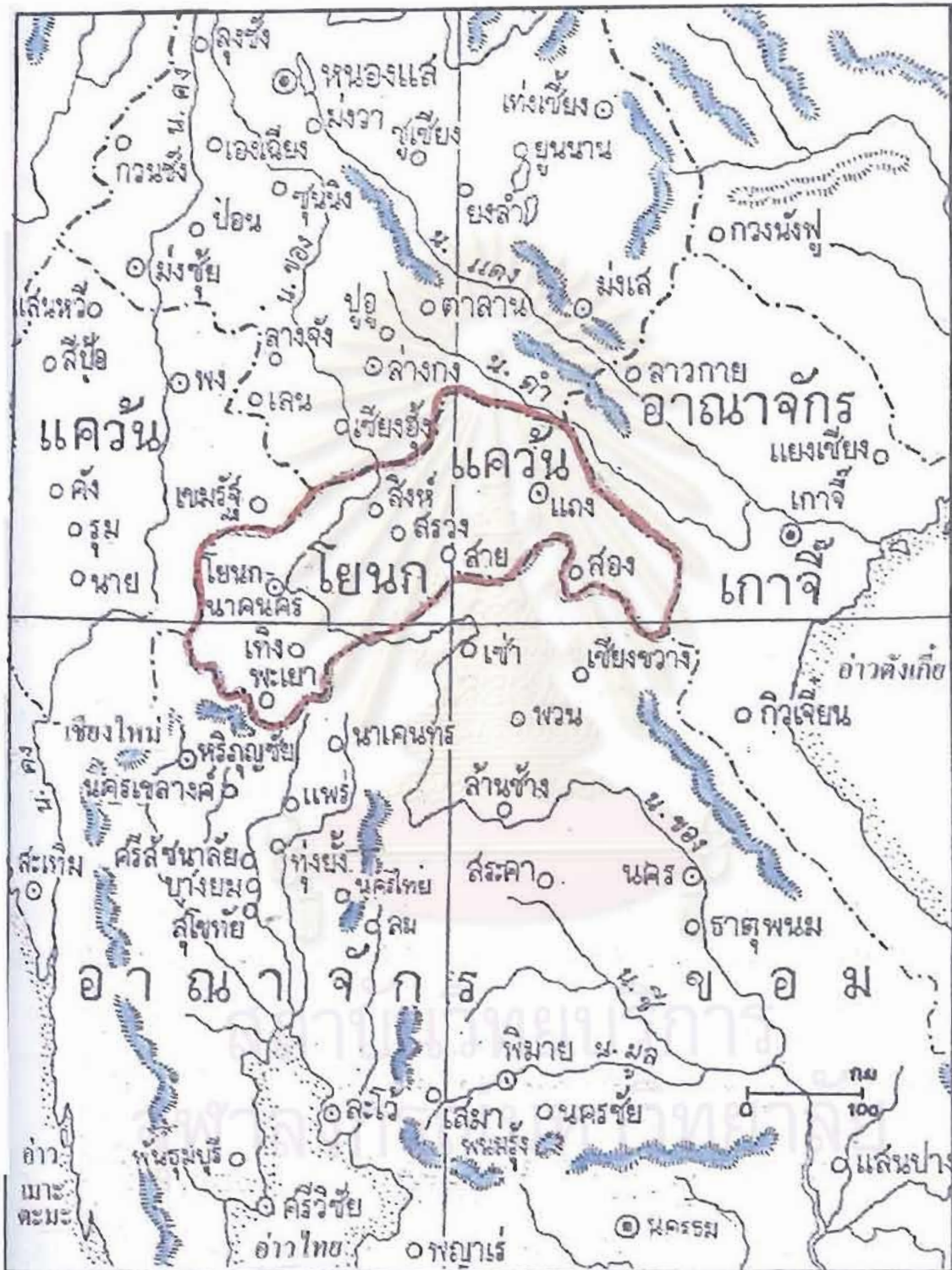


Isoseismal Map of the Mandalay Earthquake of 23 May 1912
(after Brown, 1914)

รูป 3.2 การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดมาจากตอนกลางของประเทศพม่า เมื่อ พ.ศ. 2455 ที่รู้สึกได้ในประเทศไทย



รูป 3.3 การเกิดแผ่นดินไหวที่มีจุดกำเนิดจากตอนเหนือของกรุงย่างกุ้ง ที่รู้สึกได้เกือบทุกภาคในประเทศไทย



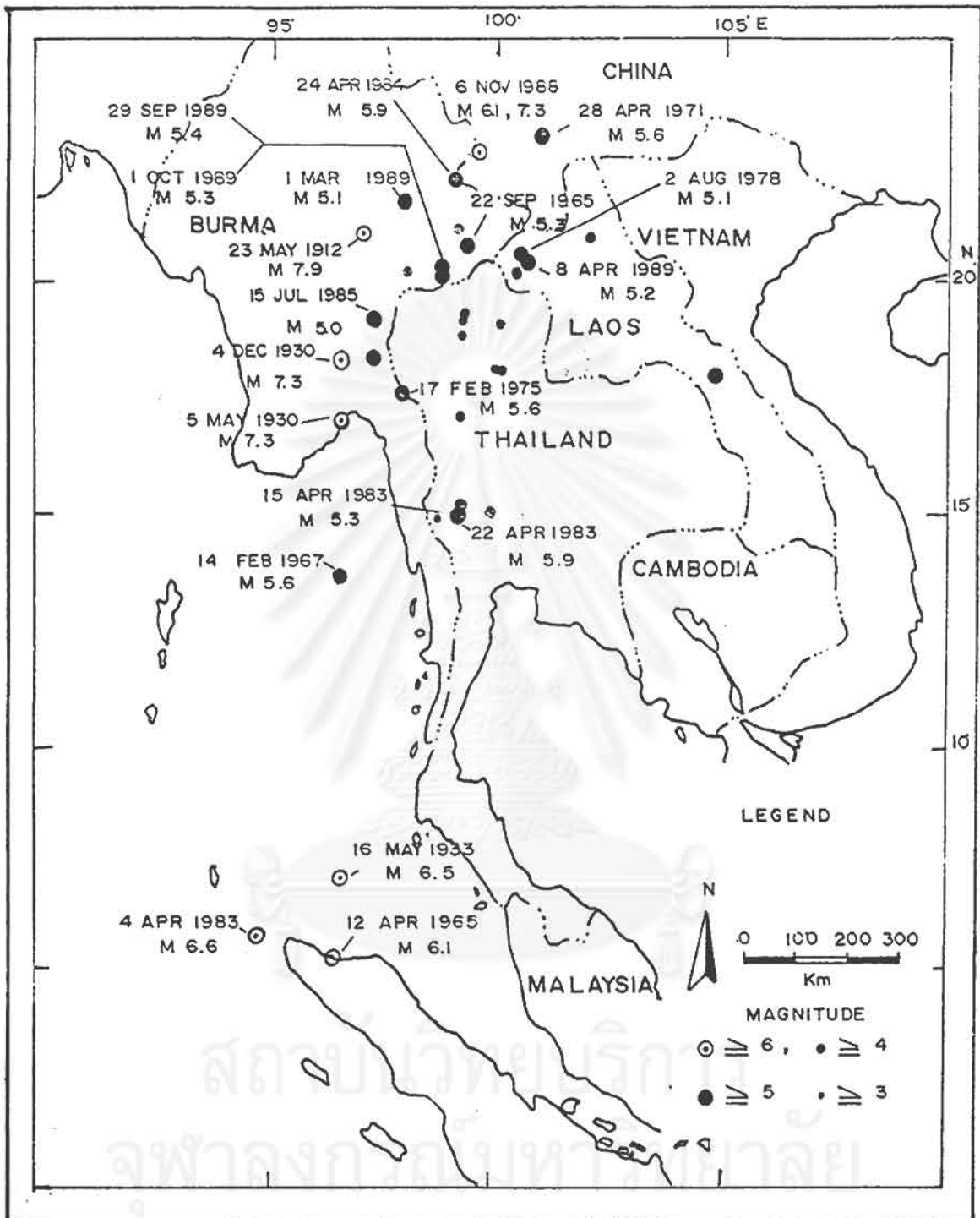
รูป 3.4 บริเวณที่ตั้งของนครโยนกในอดีต (จาก ทองใบ แดงอ่อน, 2536)

3.2 ข้อมูลจากเครื่องมือวัด

ประเทศไทยเริ่มมีการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวเมื่อเดือนมีนาคม 2506 (ค.ศ.1963) ที่ เชียงใหม่เป็นครั้งแรกโดยความช่วยเหลือจากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ข้อมูลเกี่ยวกับการติดตั้ง ระยะเวลา สถานที่ ความสูง ได้แสดงไว้ในตาราง 3.2 แสดงถึงแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้ง แต่ปี พ.ศ. 2443 (ค.ศ. 1900) ที่มีขนาดกำลังมากกว่า 6 (หรือมีความรุนแรงโดยเฉลี่ย VIII ถึง IX จาก ตารางจะเห็นได้ว่าแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากที่สุด(คือประมาณ 7.7) และมีความรุนแรงมากจนเกิดความเสียหายอย่างมากคือ ที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้กรุงชานอัย ประเทศเวียดนาม เมื่อวันที่ 4 มกราคม 2513 ส่วน อีกครั้งเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2531 บริเวณใกล้พรมแดนจีน-พม่า ซึ่งก็รู้สึกได้ทางตอนเหนือของไทย ด้วย (ดูตาราง 3.3) นับตั้งแต่นั้นเป็นต้นมาก็ไม่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ๆ (คือตั้งแต่ 6) เกิดขึ้นอีกเลยใน ประเทศไทย และใกล้ๆ ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ จนกระทั่งจากการศึกษาธรณีวิทยาสนามของ คณะผู้วิจัยในมณฑลเสฉวน ประเทศจีนเมื่อเร็ว ๆ นี้ (มกราคม 2540) ทำให้ทราบว่าเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน พ.ศ. 2531 เวลา 21.00 น. ได้เกิดแผ่นดินไหวใกล้เมืองชานหยุน ทางตอนใต้ของมณฑลยูนนานแถบเมืองซู ถัง (Zhutang) วัดขนาดได้ประมาณ 7.6 มีผู้เสียชีวิต 18 คน บาดเจ็บ 161 คน บ้านเรือนถูกทำลาย 5,000 กว่าหลัง และตั้งแต่นั้นจนถึงธันวาคม พ.ศ. 2534 มีแผ่นดินไหวใหญ่น้อยเกิดขึ้นในบริเวณแถบนี้ ตรวจจับ ได้ถึง 4,188 ครั้ง

จากการศึกษาข้อมูลทางสถิติเกี่ยวกับตำแหน่ง และความรุนแรงของแผ่นดินไหว (ดูรูป 3.5) โดยเฉพาะที่ตรวจจับได้ด้วยเครื่องมือวัด ทำให้เราได้ทราบว่าบางบริเวณเป็นบริเวณที่มีการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ กันบ่อยหลายครั้ง และบางครั้งก็เกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ ด้วย บริเวณที่น่าสนใจได้แก่ 1) บริเวณแถบอะระ โยมา ทางตะวันตกสุดของประเทศพม่า 2) บริเวณตะวันออกเฉียงของประเทศพม่าที่ติดกับตอนกลางของพม่า 3) บริเวณรอยต่อระหว่างพม่า-ลาว-จีน และ 4) บริเวณแม่น้ำแดงของเวียดนามและจีน ซึ่งบริเวณทั้งหมด นี้อยู่บนภาคพื้นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนในทะเล เช่น บริเวณแถบช่องแคบมะละกา อ่าวไทย และทะเลจีนตอนใต้ไม่เคยปรากฏข้อมูลแผ่นดินไหว แต่จะปรากฏพบหนาแน่นมากในบริเวณตั้งแต่ทาง ตอนเหนือของเกาะสุมาตรา และทะเลอันดามันเรื่อยมาจนถึงหมู่เกาะอันดามันและนิโคบาร์ และบริเวณแถบ รอยต่อระหว่างอ่าวมาละตะมะกับอ่าวเบงกอล

แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุด (ตาราง 3.2) เกิดขึ้นในทะเลอันดามัน (พ.ศ. 2484) วัดขนาดได้ 8.7 (ในมาตราริกเตอร์) และวัดความรุนแรงสูงสุดได้ X (มาตราเมอร์คาลี่) จากการศึกษาของ Nutalaya และ คณะ (1985) พบว่าแผ่นดินไหวที่รุนแรง และทำความเสียหายได้มากที่สุดในช่วงเวลาปัจจุบันคือแผ่นดิน ไหวที่เกิดขึ้นทางตอนเหนือของประเทศพม่า เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2523 วัดขนาดได้ 7.3 (มาตราริก เตอร์) แม้จะไม่มีข้อมูลมากมายนักแต่ก็ทำให้ทราบว่าแผ่นดินไหวคราวนั้นทำให้มีผู้เสียชีวิตหลายร้อยคน ที่ เมืองพะโย (Peyu) พบว่าเมืองทั้งเมืองเสียหายอย่างหนักมาก อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาของคณะผู้วิจัย กลับเชื่อว่า แผ่นดินไหวบนทวีปแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เกิดขึ้นบริเวณทางตะวันออกเฉียงของพม่าเมื่อวันที่



รูป 3.5 ตำแหน่งและความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดบนผืนแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

23 พฤษภาคม 2455 ที่วัดขนาดไ้ 7.9 (มาตราริกเตอร์) ซึ่งเทียบกับความรุนแรงได้ IX ซึ่งเมื่อนำรูปข้อมูลเฉพาะด้านสถิติมาวิเคราะห์เพียงอย่างเดียวโดยผนวกการศึกษาของคณะผู้วิจัยและรายงานของ Nutalaya และคณะ เข้าด้วยกันจะพบว่า ยังไม่เคยมีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ๆ เกิดขึ้นในประเทศไทยเลย และดูเหมือนว่ายิ่งนับวันแผ่นดินไหวจะยิ่งอ่อนกำลังลงมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากตาราง 3.4 ซึ่งแสดงถึงแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ๆ ที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2508 จนถึง พ.ศ. 2532 ที่มีขนาดตั้งแต่ 3 ขึ้นไป (ในมาตราริกเตอร์) ที่สำคัญได้แก่แผ่นดินไหวแถบเทือกเขาอะระกันโยมาทางตะวันตกของพม่าโดยวัดขนาดได้ 6.3 (ในมาตราริกเตอร์) นอกนั้นก็มักค่อยปรากฏแผ่นดินไหวที่น่าสนใจอีกเลย

สุมาลี ประจวบ (2533) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหวตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (ดังที่แสดงในตาราง 3.5 และ 3.6) โดยถือเฉพาะที่เป็นแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 (ในมาตราริกเตอร์) 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

ข้อมูลที่น่าสนใจอีกประการหนึ่ง และเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเทศไทยโดยตรงน่าจะได้จาก การที่มีข่าวว่าจะเกิดแผ่นดินไหวติดต่อกันทุก ๆ 8 ปี ในบริเวณแถบตะวันตกของประเทศเช่น บริเวณจังหวัดกาญจนบุรี และยังมีข่าวสำคัญเกี่ยวกับเรื่องแผ่นดินไหวของไทย โดยการพยากรณ์แผ่นดินไหว (Earthquake prediction) ของกรมอุตุนิยมวิทยา ซึ่งอาศัยข้อมูลทางสถิติเพียง 3 ครั้ง ในตำแหน่งที่ต่างกัน ซึ่งนับว่าไม่มี ความหมายนักในทางวิทยาศาสตร์ด้านธรณีวิทยาในความเห็นของคณะผู้วิจัยกลุ่มนี้ กล่าวคือใช้ตำแหน่งที่เกิดในทะเลอันดามัน เมื่อปี พ.ศ. 2510 ขนาด 5.6 (มาตราริกเตอร์) 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 ซึ่งในทาง วิทยาศาสตร์ถือว่าโอกาสที่เกิดเป็นไปได้้นอย่างมาก และจัดได้ว่าเป็นข้อมูลที่ไม่สามารถใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงทางวิทยาศาสตร์ (Nonscientific-oriented reference) ได้ หลักฐานในตาราง 3.3 น่าจะยืนยันได้ว่าเราใช้ตัวเลขในทุก 8 ปีไม่ได้เพราะเป็นตัวเลขที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ(Non-significant sampling)เลย แต่ถ้ามองในแง่ดี(Optimistic view) น่าจะมีเจตนาให้หน่วยงานที่รับผิดชอบซึ่งก็คือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และกรมชลประทานได้ตระหนักถึงโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวและหาทางบรรเทาความเสียหายหรือป้องกันอันตรายถ้าจะมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้นเพื่อให้เกิดการตั้งอยู่ในความไม่ประมาท แต่ผลเสียที่ออกมากลับทำให้เกิดภาพในทางลบ(Negative หรือ pessimistic view) เพราะเกิดการต่อต้านการสร้างเขื่อนในบริเวณจังหวัดกาญจนบุรี และต่อมาคือที่แก่งเสือเต้นในจังหวัดแพร่อย่างมากมาย ซึ่งอาจก่อให้เกิดความไม่เป็นธรรมต่อหน่วยงาน เช่น การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และกรมชลประทานได้

3.3 ข้อมูลจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

ผลของการต่อต้านในเรื่องปัญหาสิ่งแวดล้อม และความกลัวต่อการเกิดแผ่นดินไหว ผนวกกับการพยากรณ์แผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาทำให้ภาพพจน์ของการสร้างเขื่อนของกฟผ. และหน่วยงานอื่นที่เกี่ยวข้องไม่แจ่มชัด ด้วยความตื่นตระหนกของบุคคลหลายฝ่ายทั้งนักวิชาการ และบุคคลธรรมดา จากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้ของ สุภวรรณ คล้ายพงษ์พันธ์ (2533) และของ JAICA (1989) พอสรุปได้ว่าแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นที่บริเวณเขื่อนอ่างเก็บน้ำของจังหวัดกาญจนบุรีนั้น เกิดจากการกักเก็บน้ำ (Reservoir-induced earthquake) เป็นส่วนใหญ่ และได้ลดขนาดความรุนแรงลงเรื่อย ๆ จนไม่น่าจะมีผลต่อสิ่งก่อสร้างหรือตัวเขื่อนเองแต่อย่างใด

คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแผ่นดินไหว และการสร้างเขื่อนจากหลายประเทศซึ่งพอจะสรุปได้ว่าปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนหรือการเกิดแผ่นดินไหว น่าจะมีผลมาจากการกักเก็บน้ำจากเขื่อน (Filling of reservoir) โดยตรง โดยจะเริ่มเห็นชัดเจนมากขึ้นเมื่อเริ่มกักเก็บน้ำไปแล้วสักระยะ โดยที่เขื่อนหลายแห่งเริ่มแสดงการเกิดแผ่นดินไหวหรือปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนหลังจากที่เริ่มกักเก็บน้ำได้ 1 ปี ถึง 5 ปี ปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนจะเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามการขึ้นลงของระดับน้ำในเขื่อน เมื่อระดับน้ำในเขื่อนอยู่ในระดับที่ประมาณการไว้ ความรุนแรงของการสั่นสะเทือนก็จะน้อยลง ผลก็คือ พลังงานในการปลดปล่อยลดน้อยลงด้วย แต่ปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนไม่ขึ้นกับปริมาณของน้ำในเขื่อน เนื่องจากเขื่อนขนาดยักษ์หลายแห่งไม่แสดงปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนเลย อย่างไรก็ตามเขื่อนบางเขื่อนแสดงปรากฏการณ์การสั่นสะเทือนแบบมีนัยสัมพันธ์กับอัตราการกักเก็บน้ำในเขื่อน จากการศึกษาปรากฏว่าขนาดของการสั่นสะเทือนหรือการเกิดแผ่นดินไหวในกรณีนี้อยู่ในช่วงประมาณ 2 ถึง 5 (ตามมาตราริคเตอร์) เป็นส่วนใหญ่ และการสั่นสะเทือนที่มีมากที่สุดเท่าที่บันทึกได้คือ 6.5 - 7 (มาตราริคเตอร์) และปรากฏการณ์การสั่นไหวจะเกิดขึ้นต่อเมื่อกักเก็บน้ำได้ลึกกว่า 200 เมตร การแพร่กระจายความรุนแรงคิดเป็นระยะทางได้ 25 กิโลเมตร โดยจุดที่เกิดอยู่ลึกโดยเฉลี่ยประมาณ 5 กิโลเมตร (หรือประมาณช่วง 3 ถึง 7 กิโลเมตร) เขื่อนลักษณะนี้มักตั้งอยู่ในบริเวณที่มีปรากฏการณ์การสั่นไหวตามธรรมชาติแบบไม่รุนแรงจนถึงปานกลาง (Low to intermediate seismic regions) โดยมักจะเกิดควบคู่หรือตั้งอยู่บนรอยเลื่อนทั้งที่เก่าและใหม่ (Inactive and active faults) ซึ่งอาจเป็นรอยเลื่อนแบบปกติหรือแบบเลื่อนแนวนอนก็ได้ จากการรวบรวมทางสถิติของผู้วิจัยทั้งจากข้อมูลในประเทศ และในต่างประเทศพอสรุปได้ว่า ในปัจจุบันขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดจากเขื่อนน้อยกว่าที่เกิดจากธรรมชาติจริงๆ

จากการศึกษาพอสรุปได้ว่าแผ่นดินไหวที่เกิดจากการกักเก็บน้ำนี้มีกลไกหลักมาจาก 2 ประการด้วยกัน คือประการแรก น้ำหนักของน้ำในเขื่อนก่อให้เกิดแรงเค้น (Stress) และจัดว่าเป็น “ฟางเส้นสุดท้าย” ที่ส่งผลให้เกิดการเคลื่อนไหว หรืออีกประการหนึ่งแรงดันจากช่องว่างในหินเพิ่มขึ้น (ore pressure increase) หลังจากการกักน้ำโดยจะไปลดแรงเค้นที่มีผลต่อการปรับตัว (Effective pressure) หรือ

$$P_e = P_o - P_l$$

โดยที่ P_e = แรงเค้นที่มีผล (Effective stress) ต่อการปรับตัวของเปลือกโลก

P_o = แรงเค้นของเปลือกโลก (Tectonic stress)

P_l = แรงเค้นจากช่องว่าง (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 ที่อยู่ใต้น้ำมี 100 กิโลเมตร จากศูนย์กลางแผ่นดินไหวไม่พบว่าเสียหายเลย เขื่อนดินประมาณ 12 เขื่อนที่มีความสูง 60 ถึง 70 เมตร ที่อยู่ตรงบริเวณแผ่นดินไหวพอดีกลับพบความเสียหายเพียงเล็กน้อยซึ่งได้แก่การทรุดตัวของสันเขื่อน และรอยพื้นดินแตกซึ่งก็ซ่อมแซมได้ไม่ยากนัก อย่างไรก็ตามน้ำแปลกที่แม่จะเสี่ยงภัยมากมายก็ตามมหานครซานฟรานซิสโกกลับมีประชาชนไม่ต่างไปจากเดิมหลังจากเกิดแผ่นดินไหว มีน้อยคนมากที่ย้ายไปอยู่รัฐอื่นเพราะกลัวภัยจากแผ่นดินไหว ส่วนใหญ่ก็ยังคงทำมาหากินดำเนินธุรกิจอยู่ที่เดิมต่อไป

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาจากตาราง 3.3 & 3.4 ซึ่งแสดงถึงแผ่นดินไหวที่มีขนาดตั้งแต่ 3 (มาตราริกเตอร์) ตั้งแต่ พ.ศ. 2507 จนถึง พ.ศ. 2530 ในระหว่างละติจูด 10° ถึง 25° เหนือ และลองจิจูด 96° ถึง 105° ตะวันออก ทำให้คณะผู้วิจัยนี้คาดคิดว่าแผ่นดินไหวที่เกิดในประเทศไทยจากข้อมูลสถิติที่ได้จากเครื่องบันทึกแผ่นดินไหว และจากข้อมูลเดิมได้เคยมีการศึกษาไว้ นับว่าอยู่ในระดับอ่อน (และไม่ถึงปานกลาง) โดยมากประมาณ 3-5 ซึ่งนับว่าไม่รุนแรงเท่าใดนัก และอาณาเขตความเสียหายก็ไม่แต่เป็นบริเวณกว้างเท่าใด (ไม่เกิน 50 ตร.กม) ถ้าจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวอยู่ในประเทศไทย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ในอดีตจนถึง พ.ศ. 2483
ที่มีขนาดความรุนแรง (Mercalli scale) มากกว่า VII

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

เวลาที่เกิด (เดือน/ท.ศ.)	พิกัด ภูมิศาสตร์	เมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	ขนาดความ รุนแรง	เอกสาร อ้างอิง
4.1/2207	16° 80' N 96° 17' E	ย่างกุ้ง (พม่า)	หลังแผ่นดินไหวองคเจดีย์ เสียหายอย่างมาก ยอดเจดีย์ยาว 2.5 เมตร หักลงมา	VII	5
5.9/2223	25° N 101° 50' E	ยูนาน (จีน)	2,700 คนตายเนื่องจาก การสั่นสะเทือน	XI	9
5.6/2258	20° 25' N 100° 08' E	เชียงแสน (จีน)	ตอนเกิดแผ่นดินไหววัดและ เจดีย์ทั้งหมดสีน้ำตาลเสียหาย	VII	6
7.4/2282	17° 30' N 97° 75' E	พะโค (พม่า)	แผ่นดินไหวยาวนานทำให้ยอด เจดีย์หลายยอดหักลงมา	IX	5
8.8/2298	24° .70' N 102° .20' E	ยูนาน (จีน)	ผู้คนเสียชีวิต 270 คน ทรัพย์สินเสียหายปานกลาง	IX	9
8.9/2304	24° 40' N 102° 50' E	ยูนาน (จีน)	120 คนเสียชีวิต	VIII	9
11.4/2306	22° N 99° E	ตะวันตกกเขาอา ระกันโยมา (พม่า)	เกิดการรยตัวของชายฝั่งยาว มากกว่า 150 กม เมืองจิตตะกองเสียหาย		
1.6/2332	24° 210' N 102° 13' E	ยูนาน (จีน)	1,000 คน เสียชีวิต ทรัพย์สิน เสียหายพอสมควร	IX	9
2.8/2342	23° 80' N 102° 40' E	ยูนาน (จีน)	2,000 คน เสียชีวิต ทรัพย์สินเสียหายมาก	IX	9
2.11/2357	23° 70' N 102° 50' E	ยูนาน (จีน)	200 คนเสียชีวิต	VII	9
4.10/2369	-	เวียงจันทร์ (ลาว)	งานขามปลิวแตกกระจาย พื้นดินแยก กำแพงพัง	VIII	7
5.4/2582	16° 25' N 97° 50' E	มันตะเล (พม่า)	แผ่นดินไหวรุนแรงมาก	IX	8
11.3/2386	19° 50' N 95° 50' E	พี(Pye) (พม่า)	แผ่นดินไหวรุนแรงขนาดเกิด ภูเขาไฟโคลน(mud volcano)	VII	8

เวลาที่เกิด (เดือน/พ.ศ.)	พิกัด ภูมิศาสตร์	เมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	ขนาดความ รุนแรง	เอกสาร อ้างอิง
	95° 50' E	(พม่า)			
12/2424	93° N 13° E	หมู่เกาะ อันดามัน	คลื่นใต้น้ำสูง 3 เมตร รู้สึกได้ ในพม่า เบงกอล อินเดีย ก่อให้ เกิดความเสียหายในบริเวณหมู่ เกาะอันดามันและนิโคบาร์	IX	8.9

* ตำแหน่งที่คาดคะเนจากหลักฐานว่าน่าจะเป็นจุดที่เกิดหรือรู้สึกรุนแรงมากที่สุด

ก เดือนทางจันทรคติ

(O) คัดแปลงมาจาก NuTalaly และคณะ (1985)

1. Collection of Annuals Section 61, 1969 ประชุมพงสาวดารภาคที่ 61 (กรมตำรวจ).
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 พระยาประชากิจกรจักร พงสาวดาร โยนก
7. Collection of Annuals, 1961. King Rama III, Vol. 2 พงสาวดารกรุงรัตนโกสินทร์ รัชการที่ 3 เล่ม 2
Chao Phraya Dhipakaravongs (เจ้าพระยาทิพากรวงศ์)
8. Chhiber (1934)
9. Ganse & Nelson (1981)
10. Chen, Emnin & Huang, Yongyin (1979)

คัดแปลงจาก Nutalaya และคณะ (1985)

ตาราง 3.2 แผ่นดินไหวในประเทศไทยและข้างเคียง ตั้งแต่ในอดีต พ.ศ. 2433 จนถึงปัจจุบันที่ขนาดมากกว่า 6 ริกเตอร์(และมีความรุนแรงโดยเฉลี่ย VIII หรือ IX)

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	ขนาด (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
1. 23/2455	21° N 97° E	ตะวันออกเฉียงใต้ ใต้ของมณฑลทะเล	แผ่นดินไหวติดต่อกัน หลายครั้ง ตามแนว รอยเลื่อนคอกควน (Kyaukkuan) ทางรถ ไฟหังกอ, เสียหาย มากที่สุด	7.9 (X)	1
2. 2/2458	24.2° N 12.5° E	ยูนาน (จีน)	ทรัพย์สินเสียหาย หลายแห่ง	6.5 (IX)	2
3. 11/10/2475	12° N 94° E	ทะเลอันดามัน	แผ่นดินไหวติดต่อกัน หลายครั้ง	7.2 (IX)	1
4. 08/12/2458	09° N 92° E	ทะเลอันดามัน		6.3	1
5. 08/07/2461	24.5° N 91° E	บังกลาเทศ	พื้นที่ปลูกชาหลายแห่ง ถูกทำลาย, เกิดจากรอย เลื่อนปกติ	7.6 (X)	1
6. 17/10/2465	12.5° N 96° E	อ่าวมะตะมะ	-	6.3	1
7. 22/06/2466	22.75° N 98.75° E	รัฐฉาน	-	7.3 (IX)	-
8. 01/07/2466	23° N 10° E	ยูนาน (จีน)	-	6.5	1
9. 09/09/2466	25.95° N 91° E	บังกลาเทศ	-	6.3	1
10. 16/03/2468	25° N 100.5° E	จีนตอนใต้	-	(IX)	
11. 13/05/2468	11° N 92° E	ทะเลอันดามัน	-	6	1
12. 28/08/2468	11° N 93° E	ทะเลอันดามัน	-	6.5	1
13. 15/03/2470	24.50° N 95° E	ตอนเหนือ ของพม่า	อย่างน้อย 7 คน เสียชีวิต	6.5	1

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	ขนาด (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
14. 17/05/2471	13.50° N 91.5° E	ทะเลอันดามัน	-	6.3	1
15. 27/07/2471	06° N 95.50° E	เหนือเกาะสุมาตรา (อินโดนีเซีย)	-	6	1
16. 22/03/2472	24° N 103° E	ยูนาน (จีน)	-	6.3	3
17. 01/08/2472	10° N 93° E	ทะเลอันดามัน	-	6.5	1
18. 05/05/2473	17° N 96° E	ใกล้เมืองย่างกุ้ง (พม่า)	เกิดร่องรอยเลื่อน สกาย(Sagaing Fault) รุนแรงที่สุดเมืองทะเลโค ถูกทำลายจนหมดมากกว่า 2,000 คน เสียชีวิต	7.3	1
19. 22/09/2473	25° N 94° E	ตอนเหนือเทือกเขา จีน่า(พม่า)	-	6.3	3
20. 03/12/2473	18° N 96.5° E	ใกล้เมืองย่างกุ้ง (พม่า)	แผ่นดินไหวคิดกัน หลายครั้ง 36 คน เสีย ชีวิต ทางรถไฟขาด โทรเลขใช้การไม่ได้	7.3	3
21. 14/8/2475	25.8° N 95.7° E	ตอนเหนือของ พม่า	-	7	7
22. 11/12/2475	9° N 93.5° E	ทะเลอันดามัน	-	6	3
23. 16/5/2476	7° N 96.5° E	เหนือเกาะสุมาตรา	-	6.5	3
24. 12/01/2477	20° N 101.5° E	เหนือหลวงพระบาง (ลาว)	อย่างน้อย 1 คน เสียชีวิต	6.5	3.8
25. 02/06/2477	24.30° N 95° E	ตอนเหนือของพม่า	-	6.5	3
26. 11/04/2478	13.25° N 95.5° E	ทะเลอันดามัน	-	6	3
27. 23/04/2478	24° E 95.75° E	ตะวันตกเฉียงเหนือ ของพม่า	-	6.3	3

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	กำลัง (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
28. 13/5/2478	19.5° N 101° E	ตอนเหนือของพม่า	แนวรอยเลื่อนสกาย	6.5	3
29. 01/11/2478	20.5° N 103.5° E	ตะวันออกเฉียง เหนือของลาว	-	6.8	3
30. 25/11/2478	6° N 94° E	ตอนเหนือเกาะ สุมาตรา	-	6.5	3
31. 01/04/2479	22.5° N 109.4° E	จีนตอนใต้ไกลอ่าว ตังเกี๋ย	-	6.8	2
32. 19/04/2479	10.5° N 93° E	หมู่เกาะอันดามัน	-	6.5	3
33. 23/08/2479	05° N 95° E	ปลายด้านเหนือเกาะ สุมาตรา(อินโดนีเซีย)	-	7.3 (IX)	3
34. 04/08/2480	06° N 95° E	ไกลหมายเลข 32	-	6	3
35. 21/09/2480	20.5° N 101.75° E	ตอนเหนือของลาว	-	6	3
36. 30/11/2480	05.5° N 90° E	ทะเลอันดามัน	-	6.5	3
37. 14/04/2481	23.5° N 95.0° E	ตอนเหนือของพม่า	เสียชีวิตอย่างน้อย 7-8 คน	6.8	3
38. 16/08/2481	23.5° N 94.25° E	-	-	7.2 (IX)	3
39. 27/02/2482	24.5° N 94.1° E	ตอนเหนือของพม่า	-	6.8	3
40. 14/09/2482	12.0° N 95.0° E	ทะเลอันดามัน	-	6	3
41. 06/04/2488	24.5° N 103.0° E	ยูนาน(จีน)	บ้านเรือนเสียหาย อย่างหนัก, มากกว่า 100 คน เสียชีวิต	6	3,8
42. 11/05/2483	23.75° N 94.25° E	ตอนเหนือของพม่า	-	6.5	3
43. 16/5/2484	23.6° N 99.4° E	ยูนาน(ตอนใต้ ของจีน)	-	6.9	3

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	กำลัง (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
44. 26/06/2484	12.5° N 92.5° E	หมู่เกาะอันดามัน	ในพม่าถนน สะพาน บ้านเสียวหาย ตึกกลม	8.7	7
45. 26/12/2484	21.5° N 99.0° E	พรมแดนจีน-พม่า	-	7 (IX)	4
46. 14/07/2484	12.4° N 92.5° E	ใกล้กับ 43	-	6	4
47. 09/08/2484	12.4° N 92.5° E	ที่เดียวกัน	-	6	4
48. 12/11/2484	06.5° N 93.5° E	เหนือเกาะสุมาตรา (อินโดนีเซีย)	-	6.3	5
49. 26/12/2484	22.1° N 99.0° E	พม่า (เหนือไทย)	อย่างน้อย 15 คน เสียชีวิต	7	5
50. 31/01/2485	22.8° N 101.0° E	ใต้สุดของจีน (ใกล้กับจีน)	อย่างน้อยเสียชีวิต 30 คน	6.8	1
51. 24/05/2485	05.0° N 96.5° E	ทะเลอันดามัน	-	6.8	1
52. 23/07/2484	05° N 96° E	ทะเลอันดามัน	-	6.8	1
53. 08/08/2488	11.0° N 92.5° E	หมู่เกาะนิโคบาร์	-	6.8	1
54. 12/09/2489	23.5° N 96.0° E	ตอนเหนือพม่า	-	7.8 (IX)	1
55. 02/02/2493	22.0° N 100.0° E	ตอนเหนือพม่า	-	7 (IX)	5
56. 03/02/2493	21.1° N 99.9° E	พรมแดนไทย ลาว-พม่า	-	6.8	5
57. 19/06/2495	22.7° N 99.8° E	ตอนเหนือหลวง พระบาง(ลาว)	-	6.5	4
58. 21/03/2487	24.4° N 95.1° E	ตอนเหนือของพม่า	-	7.4 (IX)	4
59. 17/05/2498	7.0° N 94.0° E	เหนือเกาะสุมาตรา (อินโดนีเซีย)	-	7.3 (IX)	4
60. 14/07/2498	7.8° N 94.0° E	ใกล้ 57	-	6.3	4

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	กำลัง (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
61. 14/12/2498	22.0° N 93.0° E	บังคลาเทศ	-	6.5	4
62. 11/02/2489	7.4° N 94.0° E	เหนือเกาะสุมาตรา (อินโดนีเซีย)	-	6.3	4
63. 21/01/2499	23.0° N 94.0° E	ตอนกลางของพม่า	-	6.1	4
64. 29/02/2499	23.4° N 94.2° E	ตอนกลางของพม่า	-	6	4
65. 16/07/2499	22.3° N 95.6° E	ตอนกลางของพม่า	-	7	4
66. 19/06/2499	23.5° N 94.5° E	ตอนเหนือเขาชีนา (พม่า)	-	6.1	4
67. 29/09/2499	07.0° N 94.5° E	หมู่เกาะนิโคบาร์	-	6.3	4
68. 18/06/2500	14.5° N 96.0° E	อ่าวเมาะตะมะ	-	6.5	7
69. 1/07/2500	25° N 94° E	ตะวันตกประเทศ พม่า (เมืองเขาอะระ กันโยมา)	-	7.3 (IX)	4
70. 13/01/2501	11.5° N 92.5° E	หมู่เกาะอันดามัน	-	6.1	4
71. 07/01/2503	06.0° N 94.0° E	ทะเลอันดามัน	-	6	4
72. 04/03/2503	06.5° N 96.0° E	ทะเลอันดามัน	-	6	4
73. 22/12/2503	09.8° N 94.1° E	ทะเลอันดามัน	-	6.8	6
74. 06/12/2504	13.5° N 96.5° E	อ่าวเมาะตะมะ	-	6.6	6
75. 16/11/2505	14.0° N 93.0° E	อ่าวเบงกอล	-	6.7	6
76. 22/01/2507	22.4° N 93.6° N	ใกล้เทือกเขาชีนา (พม่า)	-	6.1	6

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	กำลัง (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
77. 01/02/2507	05.8° N 95.4° E	เหนือเกาะสุมาตรา	-	6.8	6
78. 05/06/2507	05.3° N	เกาะสุมาตรา (อินโดนีเซีย)	-	6.3	6
79. 12/02/2507	24.9° N 95.3° E	ตอนเหนือสุดของ พม่า	-	6.7	6
80. 13/07/2507	23.7° N 94.7° E	ตอนเหนือของพม่า	-	6.5	6
81. 28/07/2507	13.9° N 96.3° E	อ่าวเมาะตะมะ	-	6.3	6
82. 15/09/2507	08.9° N 93.0° E	ใกล้หมู่เกาะ นิโคบาร์	-	6.3	6
83. 30/11/2507	06.8° N 94.5° E	เหนือเกาะสุมาตรา อินโดนีเซีย	-	6.3	6
84. 03/07/2508	22.4° N 101.6° E	ลาว-จีน	-	6.1	6
85. 05/01/2509	13.25° N 97.75° E	ทะเลอันดามัน ตอนเหนือ	-	6.3	6
86. 12/04/2510	05.2° N 96.5° E	เหนือเกาะสุมาตรา	-	6.8	6
87. 02/07/2510	08.7° N 93.8° E	ทะเลอันดามัน	-	6.1	5
88. 17/10/2512	23.1° N 94.7° E	ตอนเหนือของพม่า	-	6.1	5
89. 04/01/2513	24.2° N 102.7° E	ตอนใต้สุดของจีน	ใกล้กับซานฮวยตามแนว รอยเลื่อนตั้งฮาย (Tung Hai)	7.7 (X)	5
90. 06/02/2513	23.1° N 101.1° E	ใต้สุดของจีน	-	6.2	5
91. 28/04/2514	23.0° N 101.2° E	ใต้สุดของจีน	-	6.3	5
92. 14/09/2514	23.0° N 100.9° E	ใต้สุดของจีน	-	6.2	5

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	ศูนย์กลางเมือง (ประเทศ)	ลักษณะ สำคัญโดยย่อ	กำลัง (ความรุนแรงสูงสุด)	อ้างอิง
93. 27/04/2516	06.9° N 91.3° E	ทะเลอันดามัน	-	6.2	6
94. 16/08/2516	22.9° N 101.1° E	ไต้สุดของจีน	-	6.3	6
95. 16/02/2517	11.4° N 92.4° E	ทะเลอันดามัน	-	6.1	5
96. 21/11/2517	24.0° N 98.0° E	ตอนใต้ของจีน	-	6	5
97. 29/05/2519	24.6° N 98.7° E	ตอนใต้ของจีน	-	7.1 (IX)	5
98. 09/06/2519	24.8° N 98.9° E	ตอนใต้ของจีน	-	6	6
99. 07/2519	24.8° N 99.0° E	ตอนใต้ของจีน	-	6.4	5
100.11/05/2520	09.0° N 92.0° E	ทะเลอันดามัน	-	6.1	
101.12/05/2520	21.5° N 93.1° E	เทือกเขาซิงนา (พม่า)	-	6	8
102.03/02/2521	17.0° N 100.0° E	แพร์-อูตรดิตต์ (ไทย)	-	6	7
103.04/04/2526	05.7° N 94.8° E	ทะเลอันดามัน	-	6.5	
104.6/08/2531	25.15° N 95.13° E	พรมแดนพม่า- อินเดีย	-	6.0 Mb 7.2 Ms (IX)	7
105.5/11/2531	22.79° N 96.61° E	พรมแดนพม่า- อินเดีย	-		
106.1/10/2532	20.27° N 98.85° E	พรมแดนไทย-พม่า	-	5.3 Mb 6.0 MI	

เอกสารอ้างอิง

1. Gutenberg & Richter (1954)
2. Chhibber (1934)
3. Pascoe (1972)
4. ISS (International Seismological Summary)
5. Lee & Jacobson (1976)
6. Nutalaya และคณะ (1985)
7. สุมาลี ประจวบ (2533)
8. Ganse & Nelson (1981)

3.3 แผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ตั้งแต่อดีตจนถึง พ.ศ. 2502

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	บริเวณที่รู้สึก	ขนาด	ความ รุนแรง	อ้างอิง
1. 15/10/84	20.25° N 100.09° E	โยนนคร (แผ่นดินไหว รุนแรง, พบคนตาย ภูเขาสะเทือน)	-	VI	1
2. 15/8/80	20.25° N 100.00° E	โยนนคร (แผ่นดินไหว รุนแรง, ภูเขาสะเทือน ฝนตกฟ้าร้อง)	-	VI	1
3. 15/10/51	20.25° N 100.25° E	โยนนคร (ภูเขาสันไหว ฟ้าร้องคำราม)	-	IV	1
4. 14/8046	20.25° N 100.25° E	โยนนคร (ภูเขาสันสะเทือน มากกว่าสามครั้งแรก)	-	XII	1
5. 22/7/1003	20.25° N 100.25° E	โยนนคร (แผ่นดินไหวติด ต่อกันสามครั้ง, เมืองถล่มกลาย เป็นทะเลสาบคนตายมาก)	-	XII	1
6. 6/7/1077	20.25° N 100.25° E	โยนนคร(พระเจดีย์ยอดหัก ลงมา)	-	VII	1
7. 22/12/1077	17° N 99.92° E	สุโขทัย	-	VII	2
8. 23/11/1909	18° N 96° E	สุโขทัย	-	VI	2
9. 7/2025	18.78° N 99° E	เชียงใหม่	-	VI	3
10. 7/2048	14.35° N 100.56° E	อุรุยา	-	VI	4
11. 7/2073	14.35° N 100.56° E	อุรุยา	-	-	5
12. 7/2088	18.78° N 99° E	เชียงใหม่	-	VII	6
13. 7/6/2089	14.35° N 100.56° E	อุรุยา	-	-	7
14. 24/5/2127	14.35° N 100.51° E	อุรุยา	-	VI	7

เวลาที่เกิด (วัน/เดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	บริเวณที่รู้สึก	ขนาด	ความ รุนแรง	อ้างอิง
15. 23/12/2131	14.35° N 100.51° E	อยุธยา	-	VI	7
16. 7/12/2228	14.35° N 100.51° E	อยุธยา	-	V	9
17. 7/10/2232	14.35° N 100.51° E	อยุธยา	-	IV	4
18. 6/7/2258	20.23° N 100.08° E	เชียงแสน	-	VIII	10
19. 19/9/2258	18.78° N 99° E	เชียงใหม่	-	VI	10
20. 19/1/2311	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (ไหวอยู่นานถึง 2 ชม.)	-	V	-
21. 2/4/2531	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (ไหวน้อยกว่า 21)	-	V	9
22. 12/1/2317	18.78° N 99° E	เชียงใหม่	-	V	9
23. 16/7/2342	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	V	14
24. 7/11/2342	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	V	14
25. 24/2/2375	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	V	11
26. 22/10/2376	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	V	11
27. 24/11/2376	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	VI	11
28. 26/4/2378	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	VI	12
29. 26/9/2378	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (น้ำในแม่น้ำกระลอก)	-	V	13
30. 16/4/2382	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (ผู้คนตื่นตกใจ)	-	IV	5

เวลาที่เกิด (วันเดือน/ปี)	พิกัด ภูมิศาสตร์	บริเวณที่รู้สึก	ขนาด	ขนาดความ รุนแรง	อ้างอิง
31. 14/10/2384	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (ผู้คนตื่นตกใจ)	-	V	12
32. 16/2/2403	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (โคมไฟแกว่ง)	-	V	8
33. 24/2/2375	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	V	8
34. 6/2/2429	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (หลังคาสั่น)	-	V	8
35. 22/11/2329	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ (บ้านสั่นไปมา)	-	VI	8,15
36. 30/11/1430	13.75° N 100.50° E	กรุงเทพฯ	-	V	8,15
37. 23/5/2455	21° N 97° E	เชียงรายถึงนครศรีธรรมราช กรุงเทพฯ (จุดเกิดที่ตอนกลาง ของพม่าใกล้เมืองมันทะเลย์)	7.9	II-IV	16,17
38. 24/5/2455	19.56° N 99.51° E	เชียงรายถึงเชียงใหม่	-	IV*	5,15
39. 5/5/2473	17° N 96.5° E	กรุงเทพฯ และโคราชและทุก ภาคยกเว้นภาคใต้	-	V	15,17
40. 384/12/2437	18.2° N 96.4° E	กรุงเทพฯและโคราช(พม่า) อุดร ทุกภาคยกเว้นภาคใต้	7.3	V	15,17,18
41. 16/5/2476	7.0° N 96.5° E	สุมาตรา, สุราษฎร์ธานี, ตรัง (ตอนเหนือ) พังงา(ตึกสั่น)	6.5	V	19,20
42. 23/9/2476	16.44° N 98.28° E	แมสซอด, ดาก(นาน 1 นาที)	-	-	21
43. 21/3/2502	14.96° N 99.06° E	กาญจนบุรี(แผ่นดินแตกสั่น)	-	IV	22

ตัวย่อ ก = เดือนทางจันทรคติ

ข = ปีก่อนพุทธศักราช

* = 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 (1985)
 6. Srisavasti (1961)
 7. Luang Prasert (1967)
 8. Collection of Annal section (1963)
 9. Collection of annal, 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. หนังสือพิมพ์ประชาราชฎร์ (20 พ.ค.2476)
 21. หนังสือพิมพ์ประชาราชฎร์ (28 ก.ย.2476)
 22. หนังสือพิมพ์สยามนิกร (25 มี.ค.2502)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.4. ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ขนาด 3 ถึง 6.5 ริกเตอร์

วัน เดือน ปี	ละติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ความรุนแรง (ริกเตอร์)	บริเวณที่รู้สึกสั่นไหว
22/9/2508	20.75 N (ประเทศพม่า)	99.26 E	5.3 V	เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน
14/2/2510	13.7 N (ทะเลอันดามัน)	96.5 E	5.6 V	กรุงเทพฯ
28/4/2514	5.16 N (หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ)	96.31 E	6.1 V	จ.สงขลา สตูล ภูเก็ต
17/2/2518	17.6 N (อ.ท่าสองยาง จ.ตาก)	97.9 E	5.6 IV	ภาคเหนือ ภาคกลาง รวมทั้งกรุงเทพฯ
26/5/2521	19.2 N (อ.พร้าว จ.เชียงใหม่)	99.2 E	4.8 IV	เชียงราย & เชียงใหม่ (เชียงใหม่เสียหายบ้าง)
29/6/2521	21.1 N (พรมแดนไทย-พม่า)	99.1 E	4.0 IV	จ.เชียงราย
24/7/2521	17.1 N (อ.แม่สอด จ.ตาก)	99.2 E	4.0 IV	เขื่อนภูมิพล
2/8/2521	20.5 N (พรมแดนไทย-ลาว)	100.7 E	5.1 IV	จ.เชียงราย
1/9/2521	20.44 N (พรมแดนไทย-ลาว)	100.6 E	4.9 IV	จ.เชียงราย
22/1/2522	20.2 N (พรมแดนไทย-ลาว)	100.4 E	4.9 IV	จ.เชียงราย
18/3/2522	20.9 N (พรมแดนไทย-ลาว)	102.0 E	4.5 IV	จ.เชียงราย
10/2/2523	19.35 N (อ.พร้าว จ.เชียงใหม่)	99.23 E	4.2 III	จ.เชียงใหม่
10/9/2533	18.87 N (อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่)	99.25 E	3.6 III	จ.เชียงใหม่
22/12/2523	18.03 N (อ.เมือง จ.แพร่) เสียหายเล็กน้อย	100.09 E	4.0 IV	จ.แพร่
20/6/2525	18.9 N (อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่)	99.2 E	4.3 IV	จ.เชียงใหม่
4/4/2526	5.7 N (หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ)	94.7 E	6.6 IV	กรุงเทพฯ

วัน เดือน ปี	ละติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ความรุนแรง (ริกเตอร์)	บริเวณที่รู้สึกสั่นไหว
15/4/2526	14.95 N (อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)	99.14 E	5.3 IV	จ.กาญจนบุรี กรุงเทพฯ & ภาคเหนือ
22/4/2526	14.93 N (อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)	99.02 E	5.8 IV	ภาคตะวันตก ภาคเหนือ และภาคกลาง
22/4/2526	14.96 N (อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)	99.06 E	5.2 V	จ.กาญจนบุรี, นครปฐม กรุงเทพฯ
18/7/2526	15.2 N (อ.ศรีสวัสดิ์ จ.กาญจนบุรี)	99.2 E	4.7 IV	จ.กาญจนบุรี
24/4/2527	22.1 N (พรมแดนพม่า-จีน)	99.1 E	5.9 IV	จ.เชียงราย แจกันแตก, ตะเกียงแขวง
25/3/2528	14.9 N อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี)	98.7 E	3.5 IV	เขื่อนเขาแหลม
15/7/2528	19.2 N (ประเทศพม่า)	97.3 E	5.0 IV	จ.เชียงใหม่
18/10/2528	18.0 N (ประเทศลาว)	104.8 E	4.7 IV	จ.นครพนม
25/12/2528	18.4 N (ประเทศพม่า)	97.3 E	4.2 IV	จ.เชียงใหม่
18/9/2529	20.2 N (ประเทศพม่า)	98.0 E	4.4 IV	จ.เชียงใหม่
30/1/2530	19.4 N (อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย)	99.4 E	3.8 IV	จ.เชียงใหม่
19/2/2531	18.87 N (อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่)	99.17 E	4.2 IV	จ.เชียงใหม่
25/7/2531	19.08 N (อ.ดอกคำใต้ จ.พะเยา)	100.05 E	4.2 IV	จ.เชียงราย พะเยา
1/3/2532	21.73 N (พม่า)	97.94 E	6.0 V	ภาคเหนือตอนบน
8/4/2532	20.58 N (ประเทศลาว)	100.48 E	5.5 V	จ.เชียงราย
20/8/2532	20.3 N (พรมแดนไทย-พม่า)	98.7 E	5.0 V	ภาคเหนือตอนบน

วัน เดือน ปี	ละติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ความรุนแรง (ริกเตอร์)	บริเวณที่รู้สึกสั่นไหว
27/8/2532	20.30 N (พรมแดนไทย-พม่า)	98.77 E	5.0 V	ภาคเหนือตอนบน
29/9/2532	20.29 N (พรมแดนไทย-พม่า)	98.77 E	5.5 V	ภาคเหนือตอนบน
1/10/2532	20.27 N (พรมแดนไทย-พม่า)	98.85 E	6.3 VI	ภาคเหนือตอนบนเสียหายเล็กน้อย ที่ จ.เชียงใหม่ และ จ.เชียงราย

(ดัดแปลงจาก สุมาลี ประจวบ, 2533)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.5 รายงานศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 ริกเตอร์

(พ.ศ. 2455 ถึง พ.ศ. 2532)

วัน เดือน ปี	ละติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ขนาด (ริกเตอร์)	ความรุนแรงสูงสุด (เมอร์เคลลี)
23 /5/2455	21.6 (ประเทศพม่า)	97	7.9	IX
21/5/2456	24.2 (ประเทศจีนตอนใต้)	102.5	7.2	IX
11/9/2457	12 (ทะเลอันดามัน)	94	7.2	IX
8 /7/2461	24.5 (ประเทศบังกลาเทศ)	91	7.6	X
6/8/1923	22.7 (พรมแดนจีน-พม่า)	99	7.3	IX
16 /3/2468	25 (ประเทศจีนตอนใต้)	100.5	7.1	IX
5 /5/2473	17 (ประเทศพม่า)	96.5	7.3	IX
3/12/2473	18 (ประเทศพม่า)	96.5	7.3	IX
14 /8/2475	25.8 (ประเทศพม่า)	95.7	7	IX
23 /8/2479	5 (หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ)	95	7.3	IX
16/8/2481	23.5 (ประเทศพม่า)	94.3	7.2	IX
26 /6/2485	12.5 (ทะเลอันดามัน)	92.5	8.7	X
26 /12/2484	21.5 (พรมแดนจีน-พม่า)	99	7	IX
12/9/2489	23.5 (ประเทศพม่า)	96	7.8	X
2 /2/2493	22 (ประเทศจีนตอนใต้)	100	7	IX

วัน เดือน ปี	ละติจูด (องศาเหนือ)	ลองจิจูด (องศาตะวันออก)	ขนาด (ริคเตอร์)	ความรุนแรงสูงสุด (เมอร์แคลลี)
21/3/2497	24.5 (ประเทศพม่า)	95	7.4	IX
17/5/2498	7 (หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ)	94.5	7.3	IX
1/7/2500	25 (ประเทศพม่า)	94	7.3	IX
4/1/2513	24.1 (ประเทศจีนตอนใต้)	102.7	7.7	X
29/5/2519	24.6 (ประเทศจีนตอนใต้)	98.9	7	IX
6/8/2531	25.1 (พรมแดนพม่า - อินเดีย)	95.1	7.2	IX
6/11/2531	22.7 (พรมแดนจีน-พม่า)	99.8	7.3	IX

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 8.6 แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (มากกว่า 7) นอกประเทศที่รู้สึกได้ในประเทศไทย

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

* ระยะทางจากกรุงเทพฯ

สุมาตรา ประจวบ (2533)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3.7 สรุปแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2526 ถึง 2538

เวลาท้องถิ่น	จุดเกิดแผ่นดินไหว Lat.(N) Long.(E)	ขนาด (ริกเตอร์)	พื้นที่ ๆ รู้สึกสั่นไหวในประเทศไทย
04/04/1983 9:52	หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ 5.7 94.7	6.6 MB	กรุงเทพฯ
15/04/1983 16:24	กาญจนบุรี 14.9 99.1	5.3 MB	กาญจนบุรี, กรุงเทพฯ
22/04/1983 7:38	กาญจนบุรี 14.9 99.0	5.9 MB	ภาคเหนือ, ภาคกลาง และภาคตะวันตก
04/22/1983 10:22	กาญจนบุรี 14.9 99.1	5.2 MB	กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
06/24/1983 14:15	จีน-เวียตนาม 21.17 103.28	6.1 MB	Bangkok (in high-rise buildings) กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
07/18/1983 0:48	กาญจนบุรี 15.21 99.02	4.7 MB	บ้านโป่ง จ. ราชบุรี
08/30/1983 5:10	กาญจนบุรี 14.92 99.15	4.2 MB	กาญจนบุรี
04/24/1984 05:30	พม่า-จีน 22.04 99.15	5.9 MB	เชียงราย
29/08/1984 11:36	หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ 3.57 97.14	5.8 MB	สงขลา
03/25/1985 18:57	กาญจนบุรี 14.88 98.69	3.5 ML	กาญจนบุรี
07/15/1985 17:39	พม่า 19.24 97.31	5.0 MB	เชียงใหม่
10/18/1985 15:38	ลาว 18.31 104.79	4.7 MB	นครพนม, สกลนคร
12/25/1985 6:04	พม่า 18.41 97.30	4.2 MB	เชียงใหม่, แม่ฮ่องสอน
09/18/1986 2:57	พม่า 20.16 97.98	4.4 MB	เชียงใหม่
01/30/1987 5:09	เชียงราย 19.89 98.96	3.8 ML	เชียงใหม่
02/19/1988 1:39	เชียงใหม่ 18.87 99.17	4.2 MB	เชียงใหม่

เวลาท้องถิ่น	จุดเกิดแผ่นดินไหว		ขนาด (ริกเตอร์)	พื้นที่ ๆ รู้สึกสั่นไหวในประเทศไทย
	Lat.(N)	Long.(E)		
06/25/1988 7:36	พะเยา 19.08 100.05		4.2 MB	เชียงใหม่, พะเยา
08/06/1988 7:36	พม่า-อินเดีย 25.1 95.1		6.8 MB 7.2 MS	กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
11/06/1988 20:03	พม่า-จีน 22.79 99.61		6.1 MB 7.3 MS	เชียงราย, เชียงใหม่, กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
11/29/1988 6:59	กาญจนบุรี 15.1 99.8		4.5 ML	ศรีสวัสดิ์, ทองผาภูมิ, เมืองกาญจนบุรี
03/01/1989 10:25	พม่า 21.73 97.94		5.1 ML	ตอนเหนือของไทย
04/08/1989 4:45	ลาว 20.58 100.59		4.6 MB	เชียงราย
20/08/1989 11:37 11:43	พม่า-ไทย 20.26 99.16 20.27 99.32		4.3 MB 4.6 MB	ตอนเหนือของไทย
08/27/1989 22:21	พม่า-ไทย 20.36 98.81		4.5 MB	ตอนเหนือของไทย
09/29/1989 4:52	พม่า-ไทย 20.33 98.82		5.4 MB	ตอนเหนือของไทย
01/10/1989 1:19	พม่า-ไทย 20.24 98.85		5.3 MB	ตอนเหนือของไทย
29/11/1989 18:17	เชียงใหม่ 18.5 98.9		3.5 ML	สันป่าดอง, หางดง, เมืองเชียงใหม่
12/15/1989 0:28	กาญจนบุรี 14.9 99.8		4.0 ML	ศรีสวัสดิ์, เมืองกาญจนบุรี
01/09/1990 22:36	ทะเลอันดามัน 11.59 95.02		5.2 MB	ระนอง
29/05/1990 18:23	กาญจนบุรี 14.9 99.8		4.2 ML	ศรีสวัสดิ์, เมืองกาญจนบุรี
07/14/1990 10:52	พม่า-ลาว 20.53 100.67		4.5 MB	แม่สาย, เชียงราย
21-Jul-90 8:50	เชียงราย 19.8 100.2		3.2 ML	เมืองเชียงราย

เวลาท้องถิ่น	จุดเกิดแผ่นดินไหว		ขนาด (ริคเตอร์)	พื้นที่ ๆ รู้สึกสั่นไหวในประเทศไทย
	Lat.(N)	Long.(E)		
09/11/1990 16:27	แพร่	18.0 99.8	3.0 ML	20 กม. รอบศูนย์เกิดแผ่นดินไหว
10/12/1990 19:27	เพชรบูรณ์	16.9 101.0	4.0 ML	หล่มสัก, หล่มเก่า
10/23/1990 3:39	พม่า-ไทย	20.4 97.6	4.0 ML	เมืองแม่ฮ่องสอน
11/03/1990 21:51	กาญจนบุรี	15.3 98.9	4.0 ML	ศรีสวัสดิ์, เมืองกาญจนบุรี
11/15/1990 9:35	หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ	3.91 97.46	6.1 MB	ภูเก็ต, สงขลา, กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
05-Jan-91 21:57	พม่า	23.61 95.90	6.2 MB	ตอนเหนือของไทย, กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
04/01/1991 10:53	พม่า	15.65 95.70	6.5 MB	กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
06/12/1991 10:05	ทะเลอันดามัน	14.85 96.31	5.0 MB	กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
07/13/1991 4:57	เพชรบูรณ์	17.3 101.2	3.5 ML	เพชรบูรณ์, เลย
08/04/1991 19:22	เชียงใหม่	18.5 98.5	3.7 ML	เมืองเชียงใหม่
05-Nov-91 9:11	แม่ฮ่องสอน	18.8 97.7	4.0 ML	เมืองเชียงใหม่, ขุนยวม, เมืองแม่ฮ่องสอน
04/23/1992 21:19	พม่า	22.34 98.85	6.0 ML	เชียงใหม่, เชียงราย, พะเยา
07/15/1992 9:49	พม่า	23.00 94.87	6.3 MS 5.7 MB	กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
07/25/1992 2:18	นครราชสีมา	15.0 101.0	3.0 ML	ปากช่อง, เมืองนครราชสีมา
10/28/1992 14:02	พม่า	19.00 96.28	5.2 MS 6.0 ML	เชียงใหม่, เชียงราย, แม่ฮ่องสอน, กรุงเทพฯ(เฉพาะตึกสูง)
01/20/1993 9:31	หมู่เกาะสุมาตราตอนเหนือ	3.1 97.7	6.2 MB	หาดใหญ่ (เฉพาะตึกสูง)

เวลาท้องถิ่น	จุดเกิดแผ่นดินไหว Lat.(N) Long.(E)	ขนาด (ริคเตอร์)	พื้นที่ ๑ รัศมีกัมมันไหวในประเทศไทย
27/01/1993 3:32	ยูนาน (จีน) 23.03 101.06	5.6 MS	(ไม่ปรากฏ)
11/21/1993 20:56	พม่า-ไทย 19.7 97.3	4.0 ML	แม่ฮ่องสอน, เชียงใหม่
01/11/1994 07:52	พม่า-จีน 25.23 97.20	5.9 MS	(ไม่ปรากฏ)
01/17/1994 4:37	พม่า 11.8 98.7	4.7 ML	ประเทิว, เมืองชุมพร
04/06/1994 14:03	พม่า 26.17 96.94	5.6 MS	(ไม่ปรากฏ)
05/08/1994 2:56	เชียงใหม่ 18.3 99.2	4.5 ML	เชียงใหม่, ลำปาง, ลำพูน
10-May-94 1:06	เชียงใหม่ 19.1 99.6	3.5 ML	ฝาง, เมืองเชียงใหม่
05/29/1994 21:12	พม่า 20.56 94.16	6.2 MS	เมืองเชียงใหม่ (เฉพาะตึกสูง)
08/20/1994 4:03	พม่า 17.97 96.42	5.6 MS 6.0 ML	ตอนเหนือของไทย
10/11/1994 03:34, 08:31	เข็ขงราย 19.5 99.6	3.0,5.1 ML	เข็ขงราย
11/21/1994 15:17	พม่า 25.54 96.66	5.9 MS	(ไม่ปรากฏ)
10/01/1995 17:10	 20.07 109.24	5.5 MS	(ไม่ปรากฏ)
16/01/1995 12:43	เข็ขงราย 20.2 100.5	3.1 ML	เข็ขงของ, เข็ขงราย
01/25/1995 11:56	พม่า-ลาว 21.0 100.6	5.0 ML	เมืองเข็ขงราย
02/24/1995 0:11	เชียงใหม่ 18.8 99.0	3.0 ML	สันทราย, สันกำแพง, เมืองเชียงใหม่ Chiang Mai
02/24/1995 15:11	พม่า 21.8 99.5	5.0 ML	เมืองเข็ขงราย

เวลาท้องถิ่น	จุดเกิดแผ่นดินไหว		ขนาด (ริคเตอร์)	พื้นที่ ๑ รัศมีสั่นไหวในประเทศไทย
	Lat.(N)	Long.(E)		
02/25/1995 08:50, 09:03	เชียงใหม่ 19.7 98.6		2.5, 3.0	หาดลง, สันป่าตอง, เมืองเชียงใหม่
05/17/1995 4:48	เชียงใหม่ 17.90 96.87		5.5 MB 6.0 ML	สันทราย, เมืองเชียงใหม่, แม่สะเรียง, เมืองแม่ฮ่องสอน
06/30/1995 6:04	พม่า 22.1 98.8		5.5 ML	เมืองเชียงราย
07/10/1995 3:32	พม่า 21.96 99.21		5.9 MS 6.6 ML	เมืองเชียงใหม่, เมืองเชียงราย
07/12/1995 4:47	พม่า 21.97 99.21		7.2 MS	ตอนเหนือของไทย, กรุงเทพฯ (เฉพาะตึกสูง)
08/07/1995 10.27	พม่า 22.0 99.3		5.0 ML	เมืองเชียงราย, เมืองเชียงใหม่
11/17/1995 3:56	แม่ฮ่องสอน 19.8 98.8		4.3 ML	เมืองเชียงใหม่, เมืองแม่ฮ่องสอน
11/15/1995 6:57	ฝาง (เชียงใหม่)		4.0 ML	ฝาง
11/08/1995 14:15	ทะเลอันดามัน 1.87 95.06		6.9 MB	หาดใหญ่ (เฉพาะตึกสูง)
11/15/1995 1:30	พะเยา		3.0 ML	เมืองพะเยา
12/09/1995 20:26	แพร่ 18.2 99.8		5.1 ML	เชียงใหม่, เชียงราย, ลำพูน, ลำปาง, อุตรดิตถ์, แพร่, พะเยา และน่าน
12/21/1995 22:30	เชียงใหม่ 19.0 99.3		5.2 ML	เชียงใหม่, เชียงราย, ลำพูน, ลำปาง, ลำพูน, และแม่ฮ่องสอน
12/22/1995 0:45	เชียงใหม่ 19.0 99.3		3.0 ML	เมืองพร้าว, เมืองเชียงใหม่ (ตึกสูง)
12/22/1995 0:45	เชียงใหม่ 19.0 99.3		3.0 ML	เมืองพร้าว
12/24/1995 9:03	เชียงใหม่ 19.0 99.3		3.4 ML	เมืองพร้าว

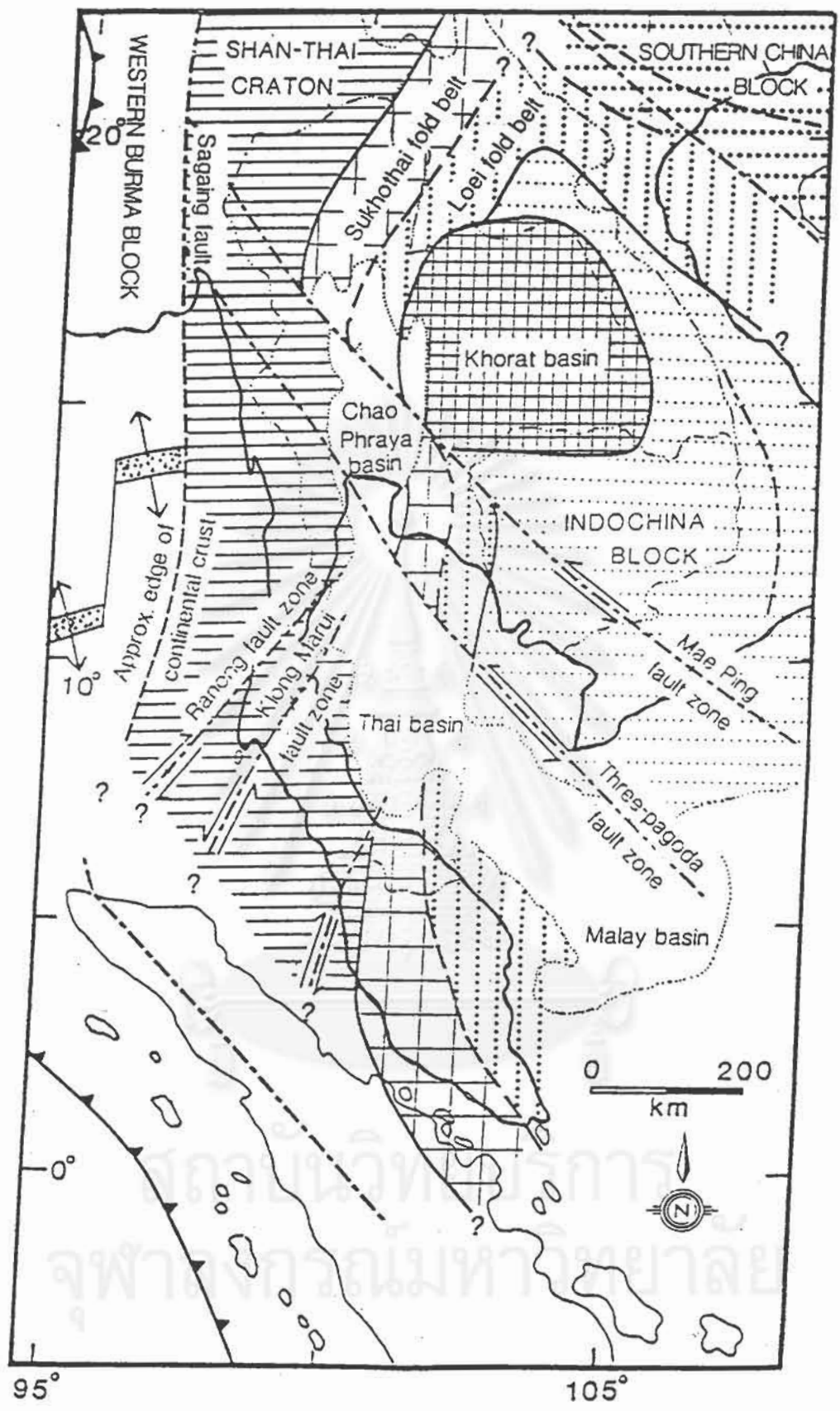
บทที่ 4

ข้อมูลภาพจากดาวเทียม

4.1 แนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงสร้างแปรสัณฐาน (Tectonic structures)

จากข้อมูลหลาย ๆ แหล่งรวมทั้งข้อมูลจากดาวเทียมของคณะผู้วิจัย และการสำรวจทางธรณีแปรสัณฐานบริเวณกว้างในสนามทำให้ทราบว่าประเทศไทยอันเป็นส่วนหนึ่งของแผ่นเปลือกทวีป (Continental plate) ของคาบสมุทรอินโดจีน(Indo-China peninsula) หรือแผ่นดินซันดา (Sundaland, Tapponnier และคณะ, 1986) จากรูป 2.8 (ในบทที่ 2) นั้นแท้จริงประกอบด้วยแผ่นจุลทวีปบรรพกาล(Paleomicrocontinent) 2 แผ่นที่มีชื่อว่าแผ่นชาน-ไทย (Shan-Thai) และแผ่นอินโด-ไชน่า (Indochina) อันเป็นส่วนหนึ่งของมหาทวีปโบราณของซีกโลกใต้ที่ชื่อ กอนวานาแลนด์ (Gondwanaland) (ดู Charusisi, 1989 และ Bunopas, 1981) ต่อมาแยกออกจากมหาทวีปกอนวานาแลนด์ (Gondwanaland) ในซีกโลกใต้ และกลับเข้ามาชนกันใหม่ในตอนช่วงปลายยุคไทรแอสซิก (Bunopas & Vella, 1983, Charusiri, 1989) หรืออาจเป็นช่วงอายุเพอร์เมียน (Helmcke & Lindenberg, 1983) ก็ได้ แผ่นชานไทย(หรือจุลทวีปชาน-ไทย) ประกอบด้วยอาณาบริเวณพื้นที่ทางด้านตะวันตกของไทยในปัจจุบัน พม่าด้านตะวันออกทั้งหมด และทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของมาเลเซีย ส่วนแผ่นอินโดไชน่าประกอบด้วยพื้นที่ด้านตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, ลาว, กัมพูชา เวียดนามตอนใต้และคาบสมุทรมาเลเซียด้านตะวันออก (รูป 4.1) จุลทวีปทั้งสองนี้มีความแตกต่างด้านวิวัฒนาการทางธรณีวิทยาอย่างมากก่อนการชนกัน แต่มีความเหมือนกันบ้างในแง่การวางตัวของชั้นหินและตำแหน่งที่อยู่เดิม ซึ่งหลักฐานทางสภาวะแม่เหล็กบรรพกาลทำให้คิดว่าน่าจะเป็นส่วนเดิมที่อยู่ตอนปลายของมหาทวีปกอนวานา หรือติดกับตะวันตกของทวีปออสเตรเลีย (Bunopas & Vella, 1983) ได้

บริเวณรอยต่อระหว่างแผ่นทั้งสองที่ชนกัน หรือที่เรียกกันว่ารอยต่อนาน (Nan Geosuture) นี้ประกอบด้วยแนวคดโค้งขนาดใหญ่ 2 แนวที่เรียกว่าแนวคดโค้งเลย (Loei Foldbelt) และแนวคดโค้งสุโขทัย (Sukhothai Fold belt)(ดูรูป 4.1) แนวคดโค้งทั้งสองนี้ไปสิ้นสุดที่รอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่มีชื่อรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red River Fault) ซึ่งกินพรมแดนระหว่างลาวกับจีนตอนใต้(มณฑลยูนนาน) และเวียดนามตอนเหนือ ส่วนทางใต้ไปสิ้นสุดที่บริเวณหมู่เกาะกาลิมันตันของอินโดนีเซีย รอยต่อนานนี้แสดงได้ด้วยแนวหินโอฟีโอไลต์ (Ophiolite Suites) แบบไม่ครบชุด (Incomplete) ซึ่งมีลักษณะเป็นแนวยาวตั้งแต่นาน อุตรดิตถ์ และสุโขทัย แต่ก็ถูกตัดขาดเป็นส่วนๆ ก่อนไปถึงมาเลเซียในที่สุดด้วยแนวรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์และรอยเลื่อนแม่ปิง ทำให้ไปโผล่อีกครั้งที่บริเวณ จ.สระแก้ว และแถบ อ. โป่งน้ำร้อน จ. จันทบุรี แล้วหายเข้าไปในอ่าวไทยและไปโผล่ที่ตอนใต้สุดของไทยและที่มาเลเซีย ที่มาเลเซียแนวโอฟีโอไลต์เรียกว่า แนวเบนคงวบ (Benton-Ruab ophiolite zone) ส่วนทางด้านคาบสมุทรของประเทศไทยก็ปรากฏแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่เหมือนกันสองแนวคือ รอยเลื่อนระนอง (Ranong Fault) และรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย(Klong



รูป 4.1 แผนที่ธรณีแปรสัณฐานฐานประเทศไทยและบริเวณข้างเคียง (ดัดแปลง Bunopas, 1981) แสดงตำแหน่งจุดทวีป กาน-ไทย และอินโดจีน

Marui-fault) ซึ่งมีอายุไม่แน่นอนว่าเกิดมาเมื่อไหร่ แต่จากการศึกษาของ Charusiri(1989) คิดว่าน่าจะมีการเลื่อนตัวหลายครั้ง โดยเฉพาะประมาณเมื่อ 70 ถึง 80 ล้านปี 55 ล้านปีและ 45 ล้านปีมานี้ อย่างไรก็ตามบางคน เช่น Mitchell(1985) กลับคิดว่ารอยเลื่อนนี้อาจเป็นรอยเลื่อนย้อนมุมต่ำด้านหลังแนวหินอัคนี(Back-arc thrust) ก็ได้เมื่อผนวกกับรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์เข้าด้วยกัน และอาจมีอายุประมาณยุคครีเตเชียส(Charusiri, 1989) หรืออาจอ่อนมากประมาณยุคเทอร์เชียรี (Bunopas & Vella, 1983) ก็ได้

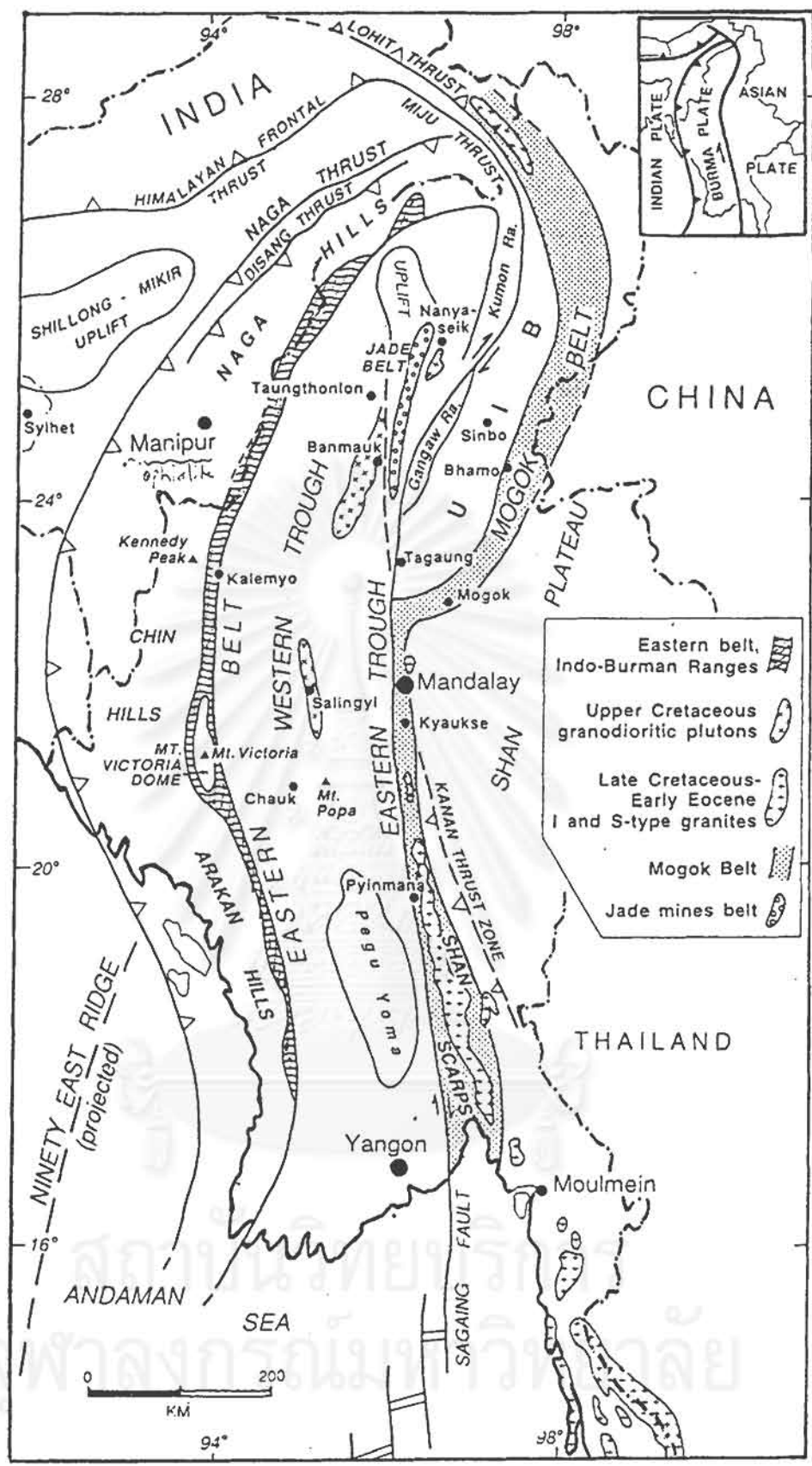
ตามที่ได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 2 ลักษณะโครงสร้างเปลือกโลก(Crustal structures)ในส่วนสำคัญ ๆ ที่น่าจะมีบทบาททำให้เกิดแผ่นดินไหวคือ บริเวณมุดตัว บริเวณชนกัน บริเวณแยกตัวออกจากกัน และมีบริเวณที่มีการเคลื่อนผ่านกัน อาจกล่าวได้ว่าอาณาบริเวณแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จัดได้ว่าประกอบด้วยบริเวณดังกล่าวนี้ทั้งหมด(ดูจากรูป 4.2) (Tapponnier และคณะ, 1986, Pholachan & Satararak, 1989 ; Charusiri, 1989) ทำให้เกิดความจำเป็นในการศึกษาธรณีวิทยาโครงสร้างทั้งของไทย และของประเทศข้างเคียงเป็นอย่างยิ่ง หรือในรูป 4.3 ที่แสดงถึงแผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของประเทศพม่าที่แปลจากภาพถ่ายเทียม Landsat TM5 จากการศึกษาครั้งนี้ และโดยใช้ข้อมูลแผนที่ธรณีวิทยาของ Bender (1983) ประกอบ กล่าวได้ว่ามีส่วนสำคัญทำให้เกิดแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย และมีส่วนทำให้เกิด ธรณีแปรสัณฐานของประเทศไทย และประเทศข้างเคียง รูปที่กล่าวทั้งหมดนี้สามารถแจกแจงเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างต่าง ๆ ในบทนี้ได้ และสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โครงสร้างแปรสัณฐานของพม่า และโครงสร้างแปรสัณฐานของไทย(เฉพาะตอนเหนือและตะวันตก)

ในการศึกษาครั้งนี้อาศัยข้อมูลหลักคือภาพจากดาวเทียมที่ได้รับความอนุเคราะห์ในการทำสีผสมเทียม(False-coloured Landsat images) แดง-เขียว-น้ำเงิน สำหรับช่วงคลื่น (Band) 7 5 4 ตามลำดับจำนวน 29 ภาพ จากกองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สภาวิจัยแห่งชาติ(ดูรูป 4.4) โดยแบ่งเป็นภาพจากประเทศพม่าจำนวน 18 ภาพ ประเทศไทย จำนวน 6 ภาพ จีนทางตอนใต้สุด จำนวน 3 ภาพ และประเทศลาวจำนวน 2 ภาพ (ดูรูป 4.5.1 ถึง 4.5.29)

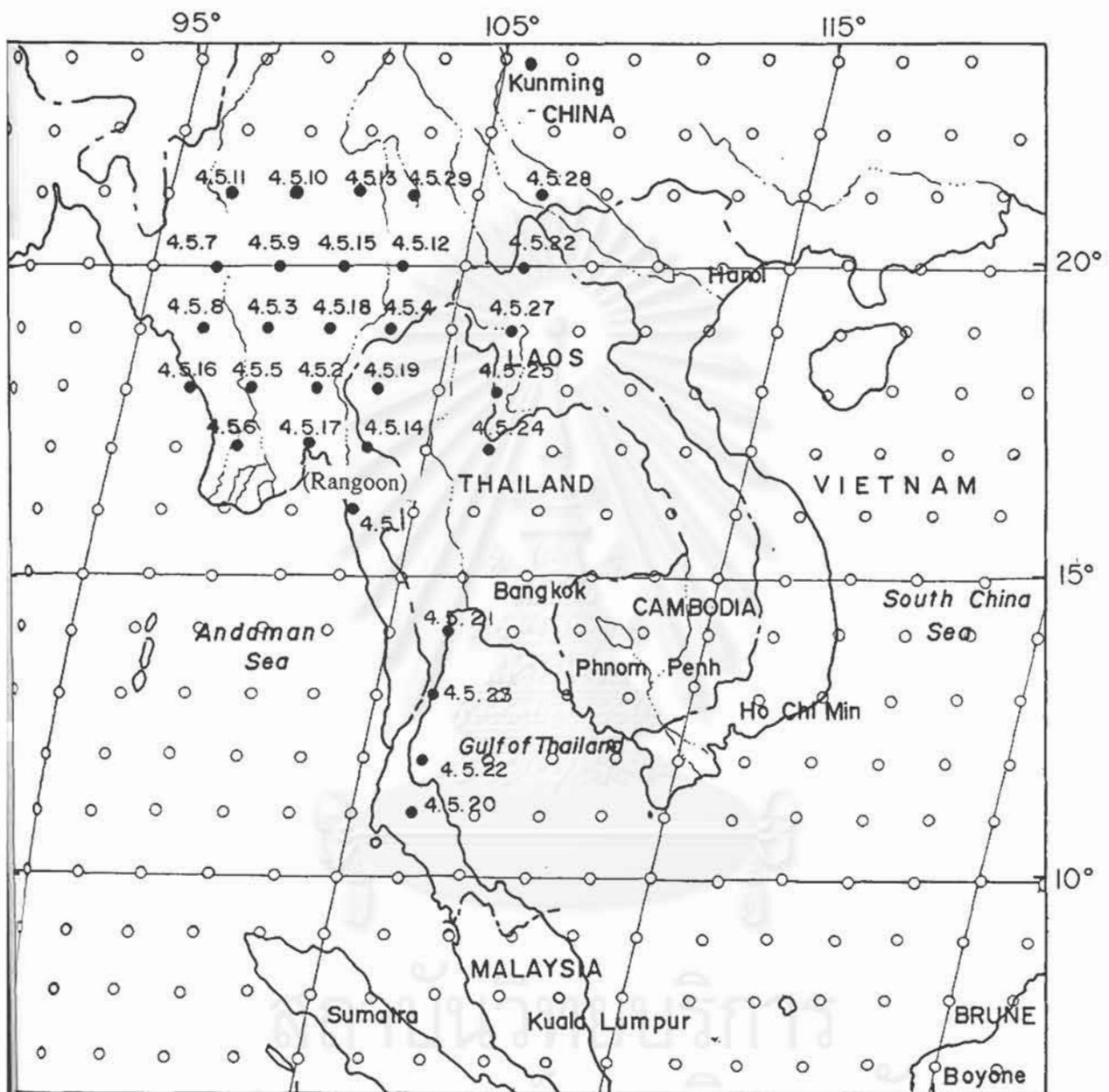
4.2 ลักษณะโครงสร้างของประเทศพม่า

จากภาพจากดาวเทียมจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าสภาพภูมิประเทศในส่วนของพม่า สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเทือกเขาด้านตะวันตก ที่ราบตอนกลาง และที่ราบสูง & เทือกเขาด้านตะวันออก

ลักษณะเด่นของแนวเส้นโครงสร้าง (Lineament) โดยทั่วไปของประเทศพม่าในพื้นที่ที่ศึกษาคือแนวเส้นโครงสร้างหลักที่วางตัวเรียงรายหรือขนานกันในทิศเหนือ-ใต้เป็นส่วนใหญ่ (ดูรูป 4.5.1 ถึง 4.5.18) ยกเว้นทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ที่เห็นเป็นลักษณะแนวเส้นหลักอีกแนว ที่วางตัวในแนวขวางกับแนวเส้นหลักแนวเหนือ-ใต้



รูป 4.3 แผนที่ธรณีวิทยาอย่างง่ายของประเทศพม่า ได้จากการแปลความหมายจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat TM5 จากการศึกษาครั้งนี้ และบางส่วนจาก Bender (1983) & Mitchell (1993)



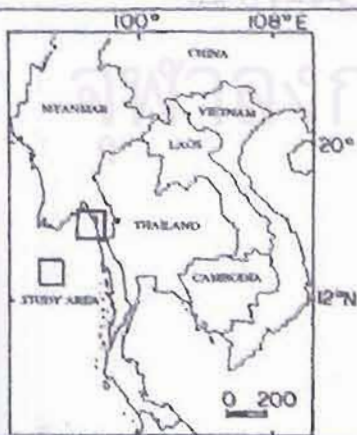
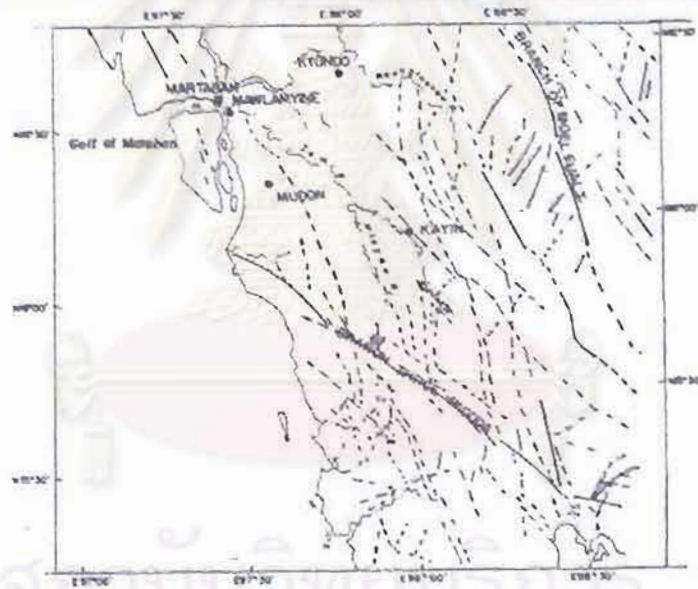
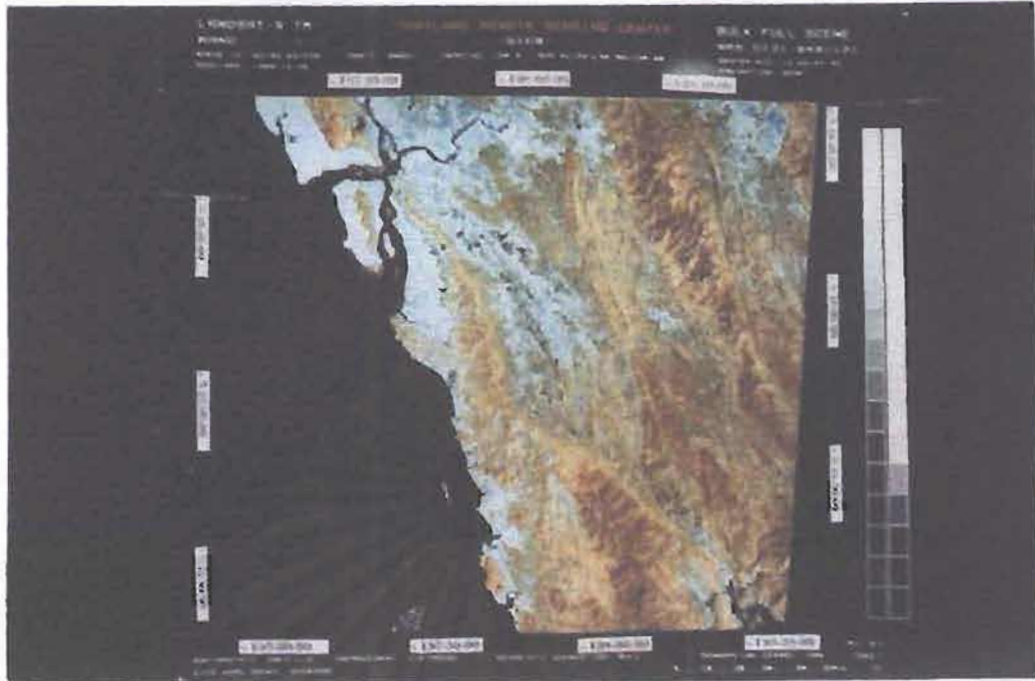
○ จุดกลางภาพดาวเทียม ● จุดกลางภาพที่ศึกษา

—○→ แนวเส้นบินหลักของดาวเทียม

5.4.1 (ตัวเทียม = รูปที่แสดงในหน้าถัดไปรวมทั้งผลในการแปลภาพ

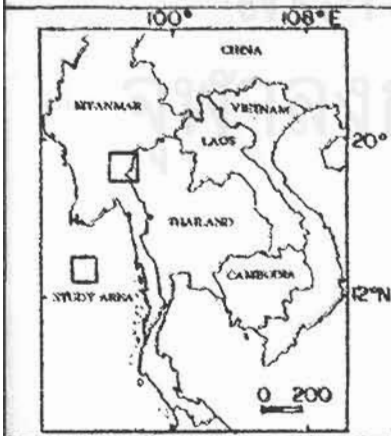
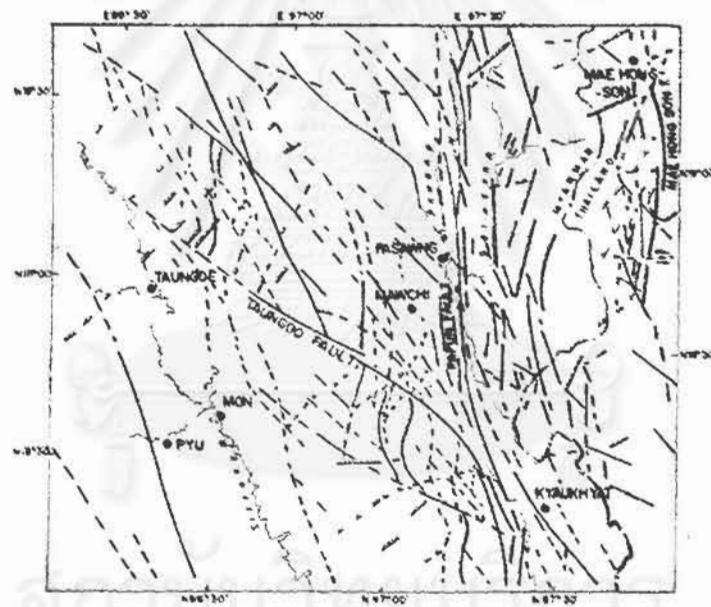
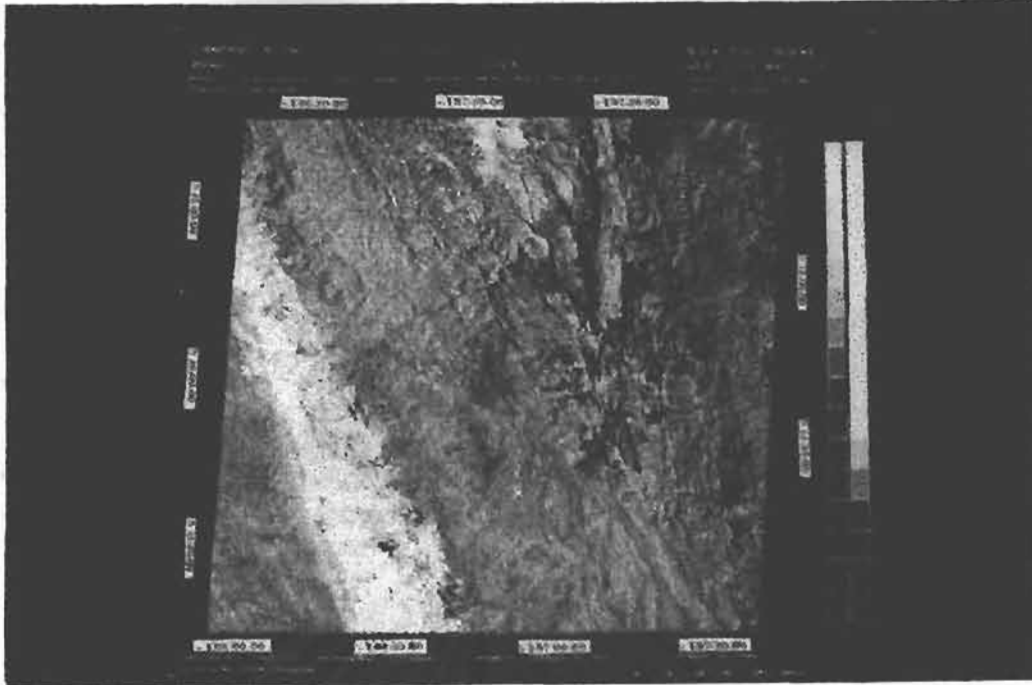
รูป 4.4 แผนที่เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แสดงตำแหน่งกลางภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 131-040/131
CENTER N/E : 15.89/ 97.94 PROJECTION : SCMP



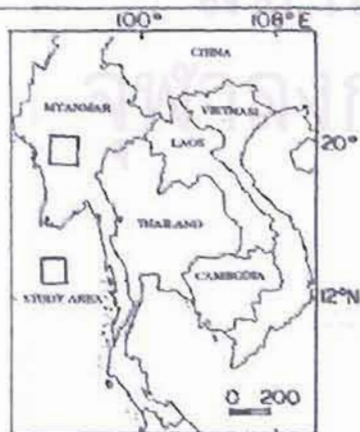
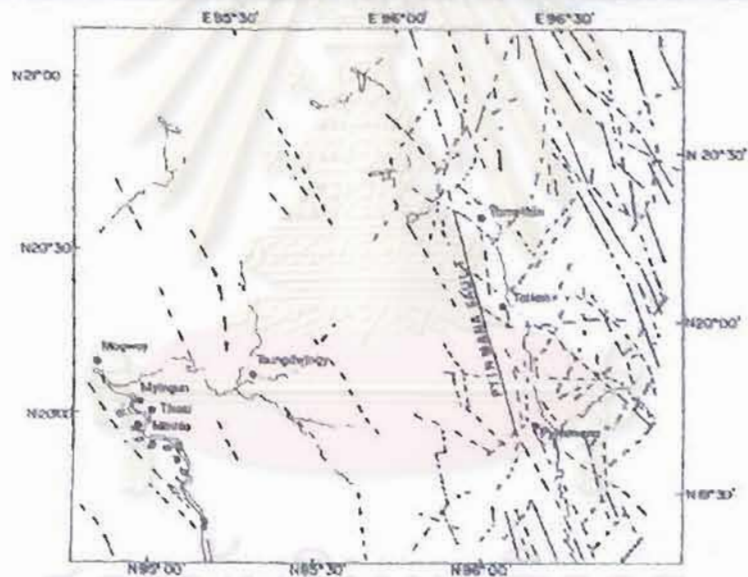
รูป 4.5.1 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลางตอนตะวันออกเฉียงใต้สุด (south-east-central most) ของประเทศพม่าแถบเมืองมาตะมะ (Mataban) (ล่าง) แนวเส้นทางโครงสร้างที่แปลได้ จากภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 132-047/113
CENTER N/E : 18.77/ 97.06 PROJECTION : SCMP



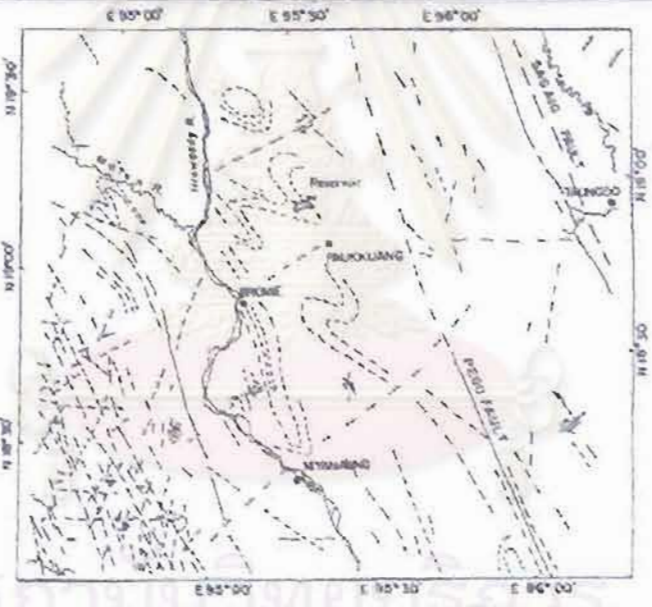
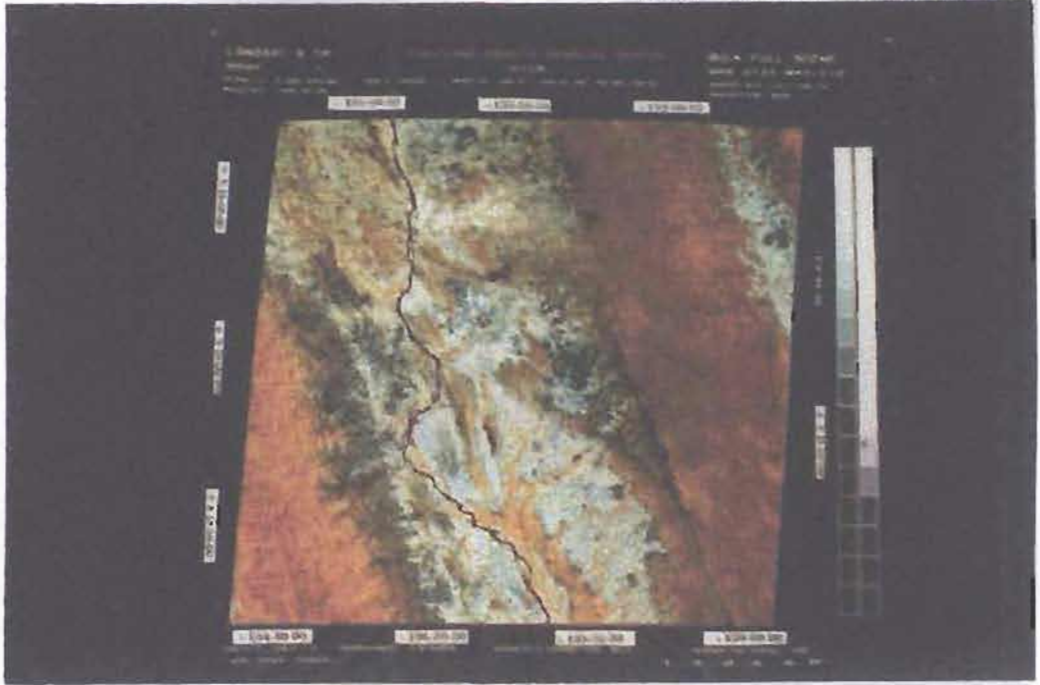
รูป 4.5.2 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลาง
ตอนตะวันออกเฉียง(east-central)ของประเทศพม่าแถบ
เมืองตองอู (Taungoo)
(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จาก
ภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 133-046/112
 CENTER N/E : 20.22/ 95.83 PROJECTION : SCMP



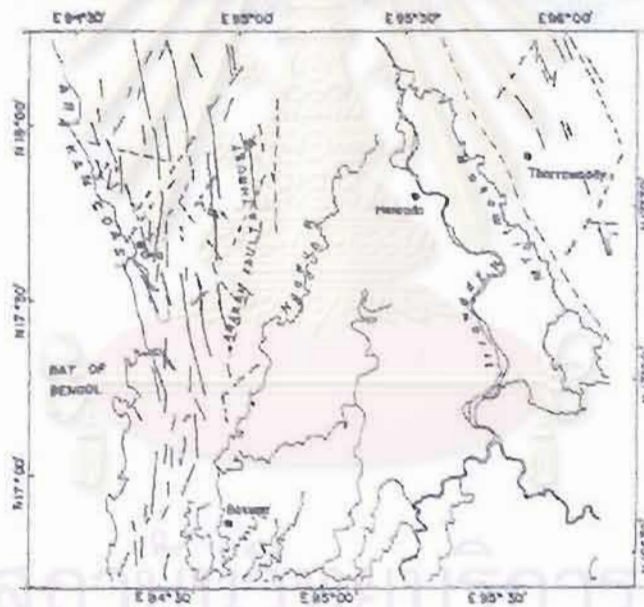
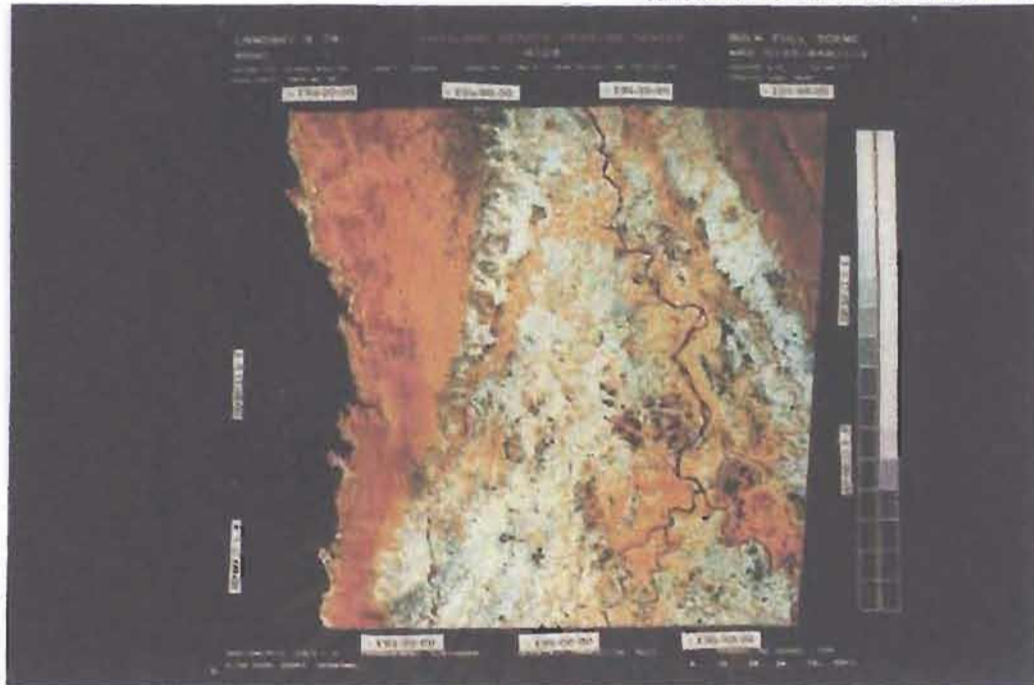
รูป 4.5.3 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลาง
 (central part) ของประเทศพม่าแถบเมืองมะกา
 (Magway)และพินมานา(Pyin- manna)
 (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จาก
 ภาพจากดาวเทียม

BULK FILE SCENE WRS D 133-047/112
CENTER NAME : IS_7/95_49 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.5 (บน) ภาพจากดาวเทียมภาคกลางตอน
กลางตะวันตก(west-central)แถบเมืองแปรหรือเมือง
ไปร้(Pyay)
(ล่าง) แนวเส้นทางสร้างที่แปลได้จาก
ภาพจากดาวเทียม

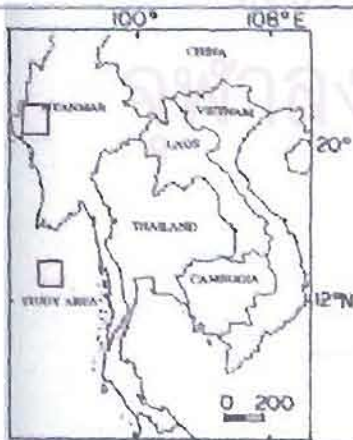
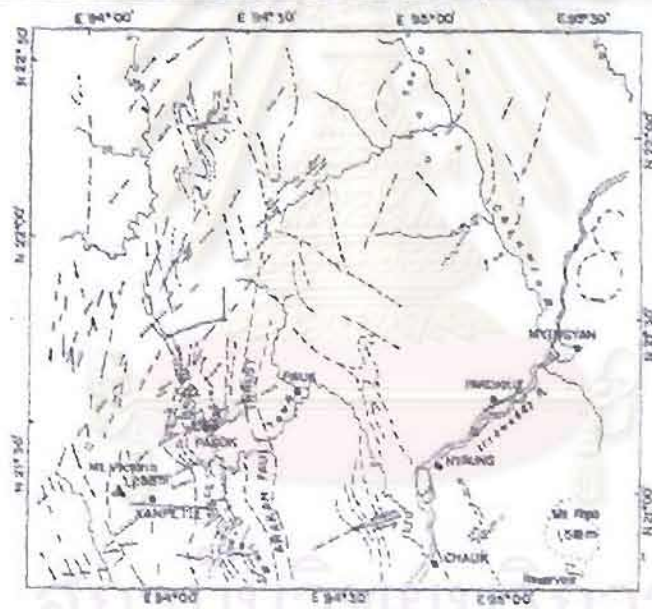
BULK FULL SCENE WRS D 113-048/112
 CENTER N/E : 17.34/95.17 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.6 (บน) ภาพจากดาวเทียมภาคกลางตอนใต้ (south-central) ของประเทศพม่าแถบเมืงพาเทซิน (Patheingyi)

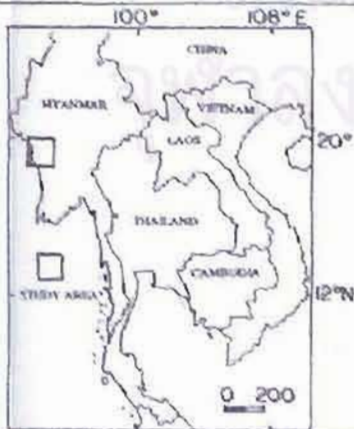
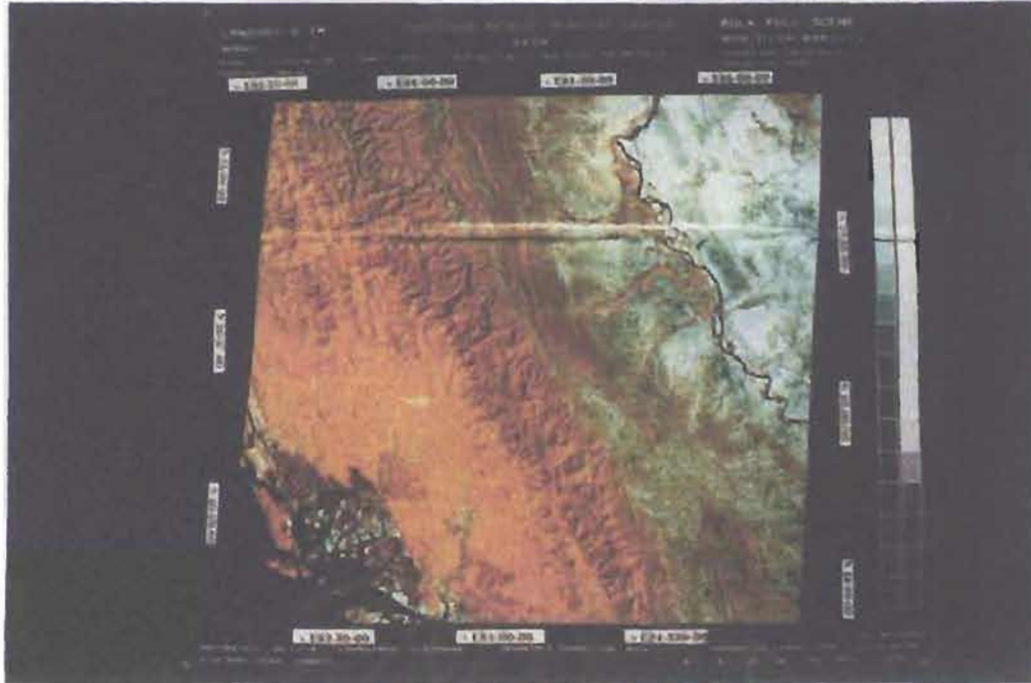
(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จาก ภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 134-045/111
 CENTER NE: 21.66/ 94.65 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.7 (บน) ภาพถ่ายเทียมจากดาวเทียมออก
 ตอนเหนือ(north-western)ของประเทศพม่าแดน
 เมืองพุกาม-มูยงยาน(Bagan-Myingyan)
 (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จาก
 ภาพซีกดาวเทียม

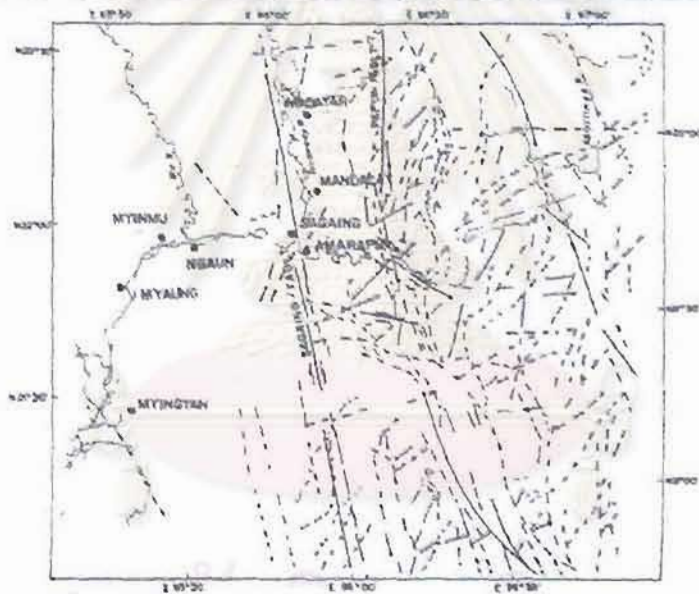
BULK FULL SCENE WRS D 134-040/111
 CENTER N/E : 20.22/94.31 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.8 (บน) ภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม
 ลอนกลาง (central west) ของประเทศพม่าและ
 เมืองมะอึ (Magway)
 (ล่าง) แนวเส้น โครงสร้างที่แปลได้จาก
 ภาพถ่ายดาวเทียม

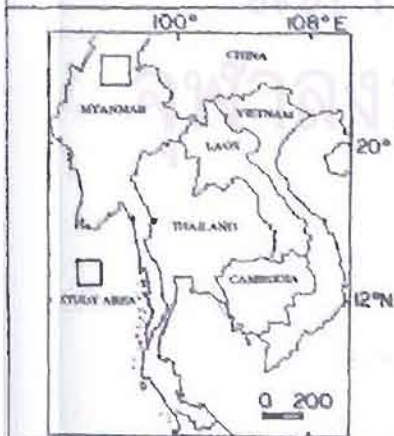
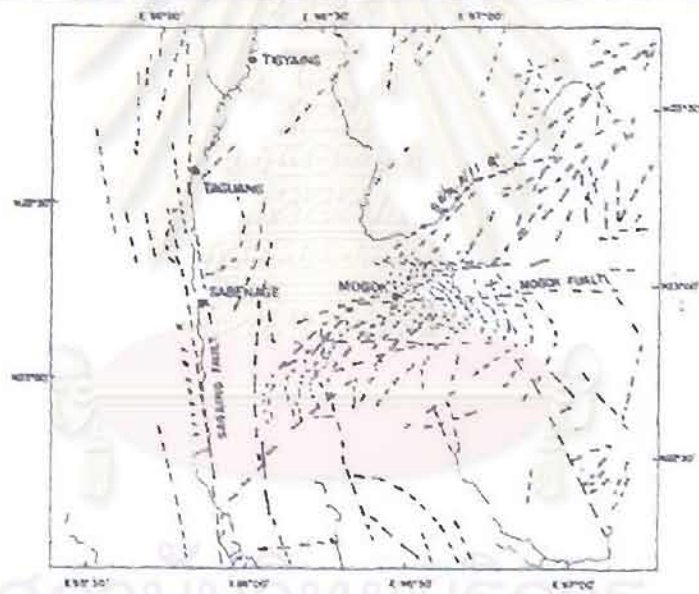


BULK FULL SCENE WRS D 133-045/112
 CENTER N/E : 21.66/ 96.16 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.9 (บน) ภาพถ่ายดาวเทียมภาคกลางตอนกลาง (central part) ของประเทศพม่าแถบเมืองมัณฑะเลย์-สะเทิง (Mandalay-Sagaing)
 (ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่แปลได้จากภาพถ่ายดาวเทียม

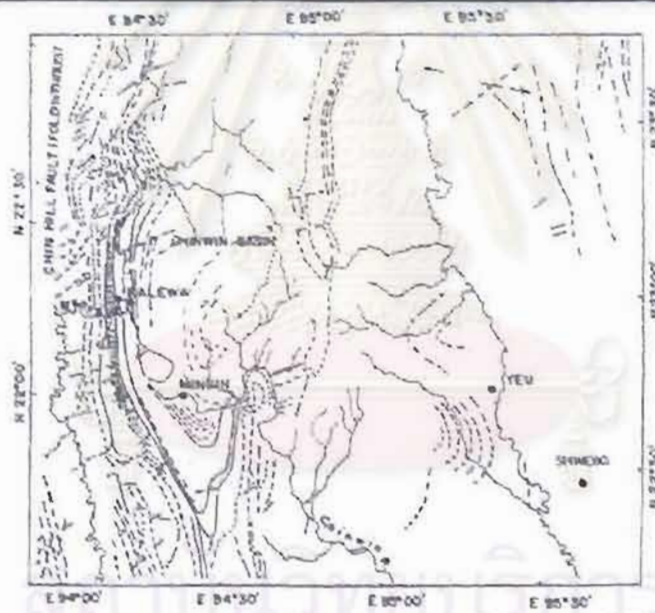
BULK FULL SCENE WRS D 133-044/113
 CENTER N/E : 23.11/ 96.50 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.10 (บน) ภาพถ่ายเทียมจากภาคกลางตอนเหนือ (north central) ของประเทศพม่าแถบเมืองโมโก๊ก (Mogoke)

(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพถ่ายดาวเทียม

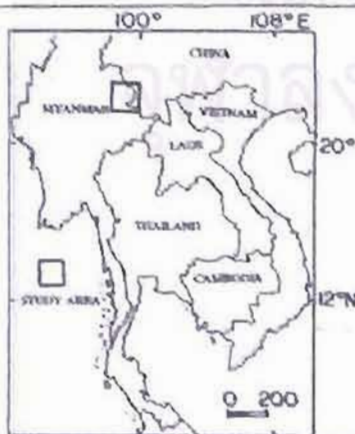
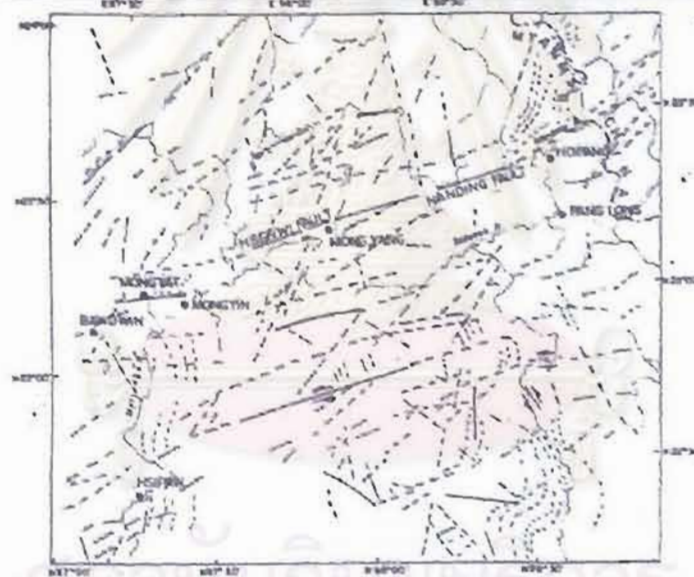
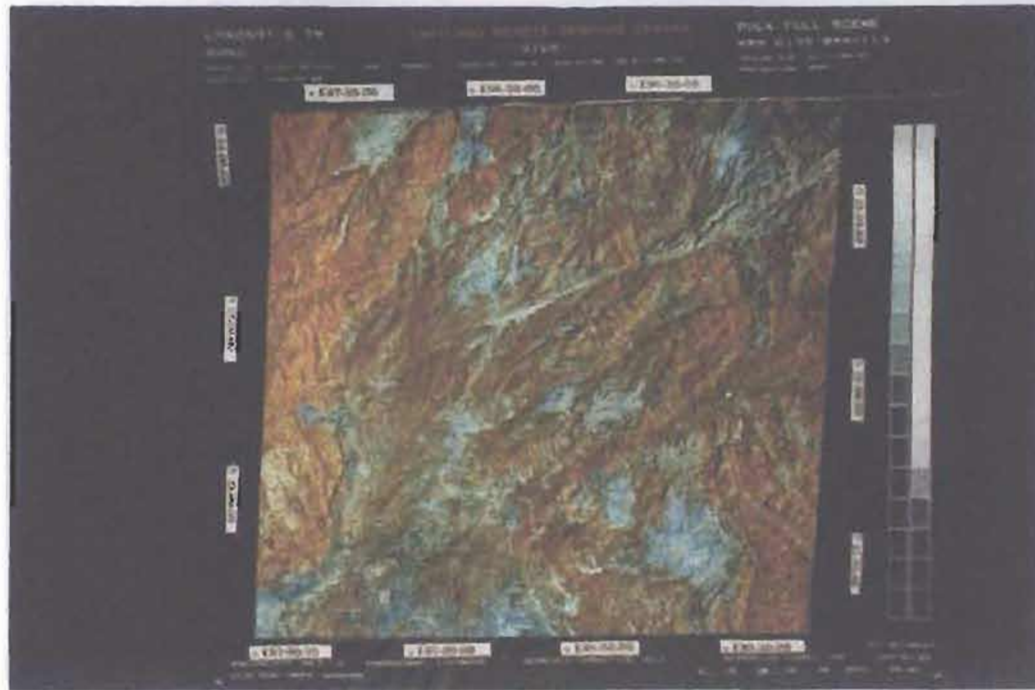
BULK FULL SCENE WRS D 134-044/111
 CENTER N/E : 23.10/ 94.99 PROJECTION : SCMP



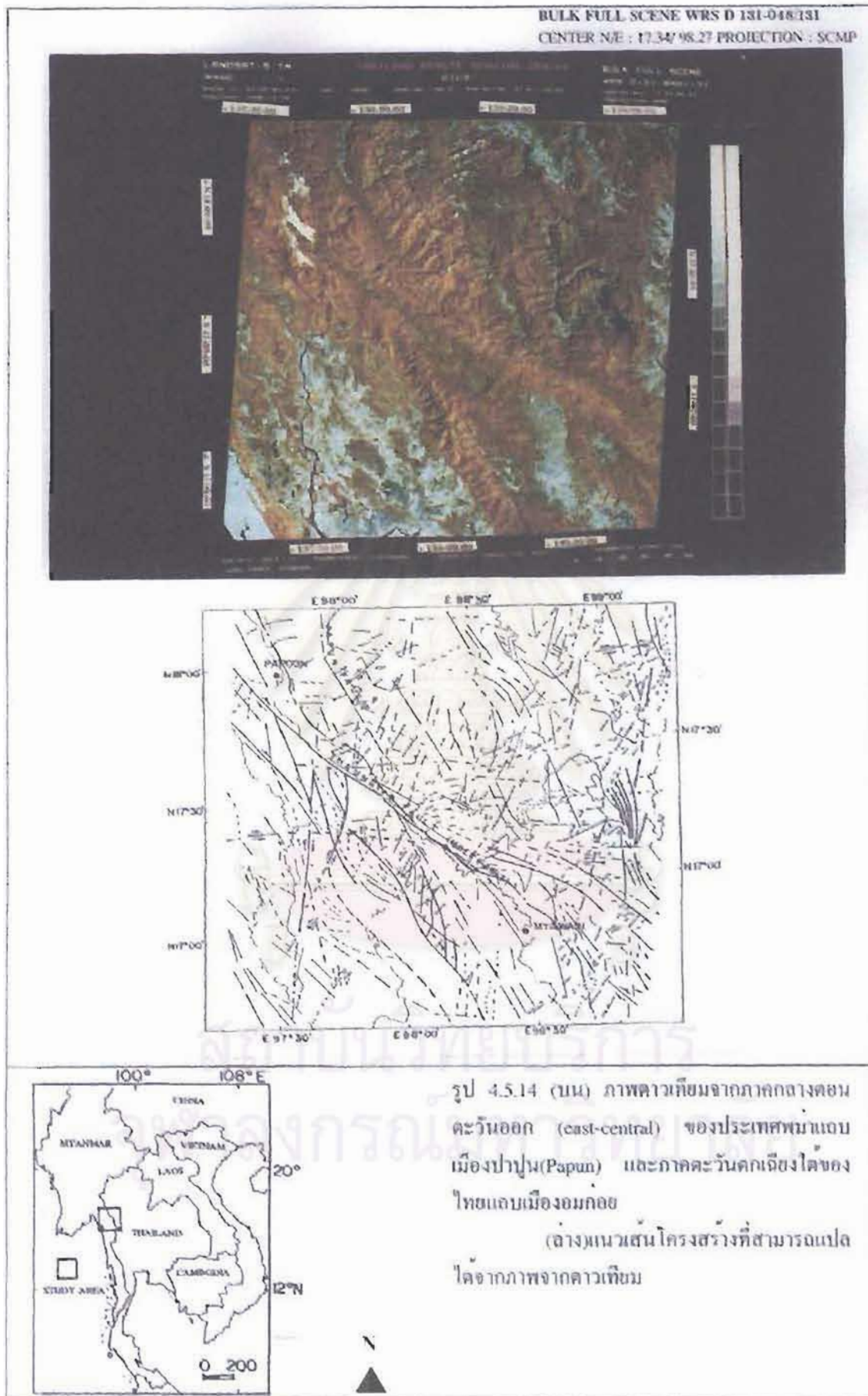
รูป 4.5.11 (บน) ภาพถ่ายเทียมจากภาคตะวันตก
 ตอนเหนือ (north-western) ของประเทศพม่าแถบ
 เมืองชเวโบ (Shawebo)

(ล่าง) แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปล
 ได้จากภาพจากดาวเทียม

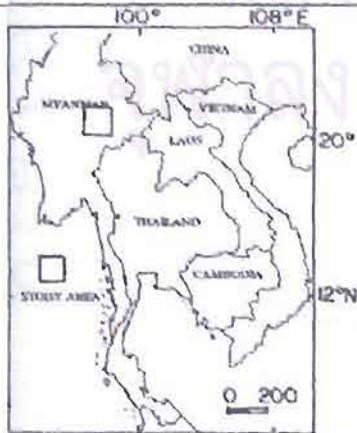
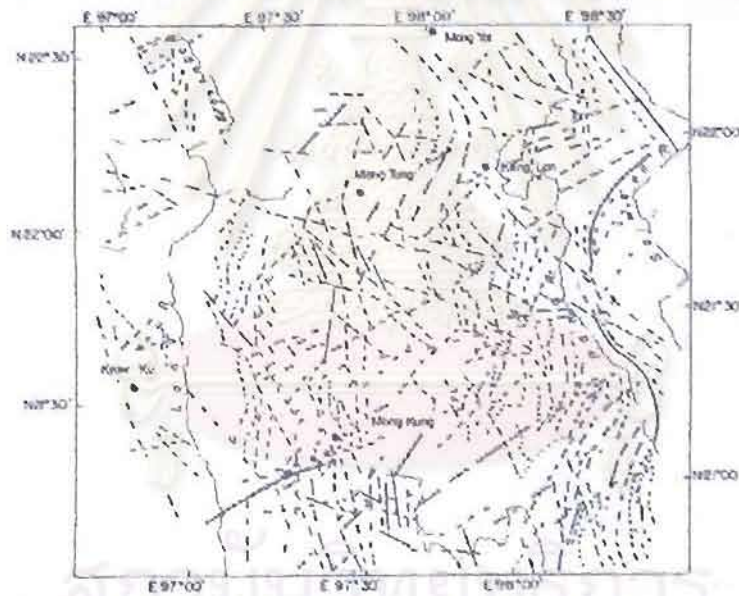
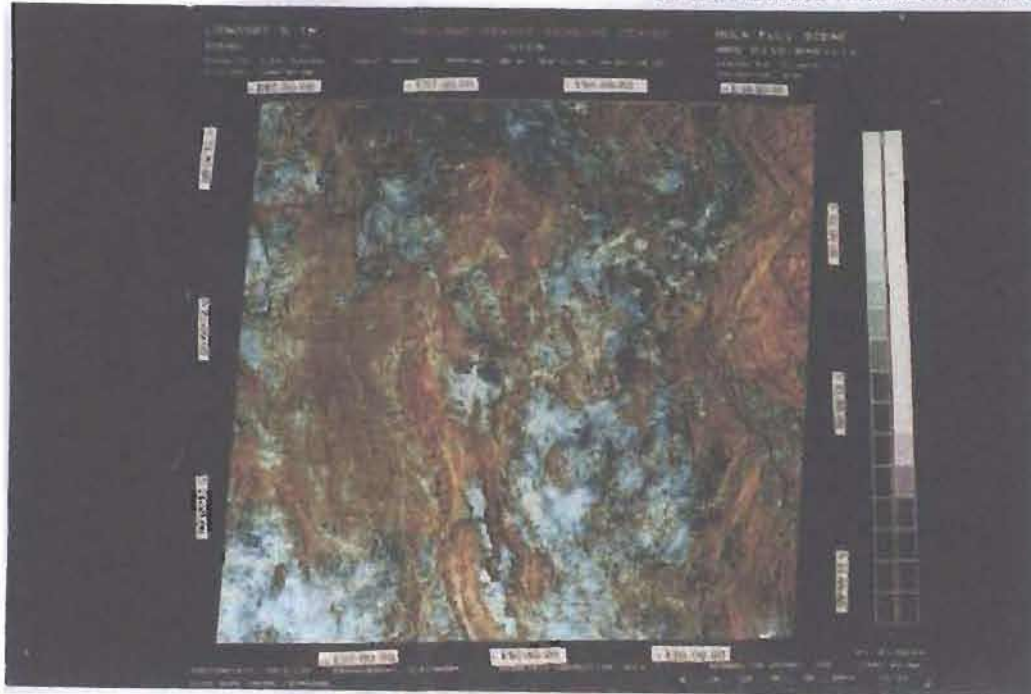
BULK FULL SCENE WRS D 132-044/113
 CENTER N/E : 23.11/ 98.07 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.13 (บน) ภาพดาวเทียมจากภาคเหนือตอน
 ตะวันออกเฉียงใต้ (south-east-north) ของประเทศ
 พม่าแถบเมืองมอควินและเมืองปานดอง
 (ล่าง) แนวเส้นทางโครงสร้างที่แปลได้จาก
 ภาพจากดาวเทียม

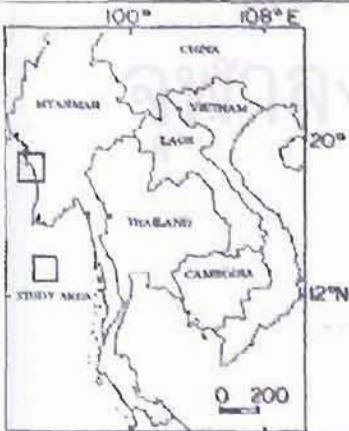
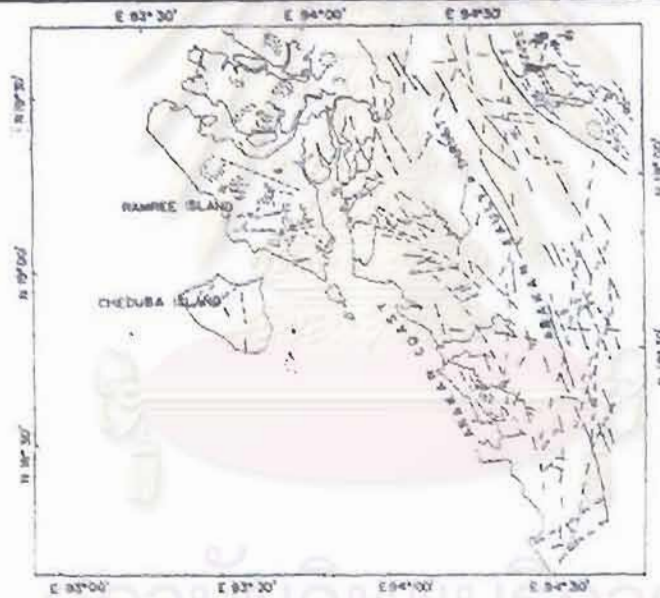


BULK FULL SCENE WRS D 132-045/113
 CENTER N/E : 21.66/ 97.73 PROJECTION : SCMP



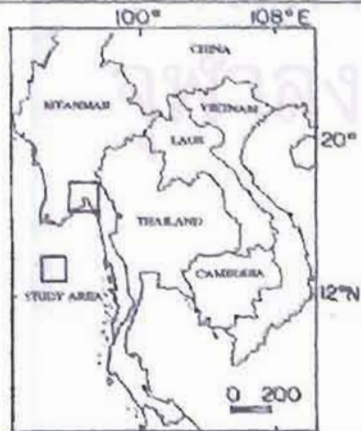
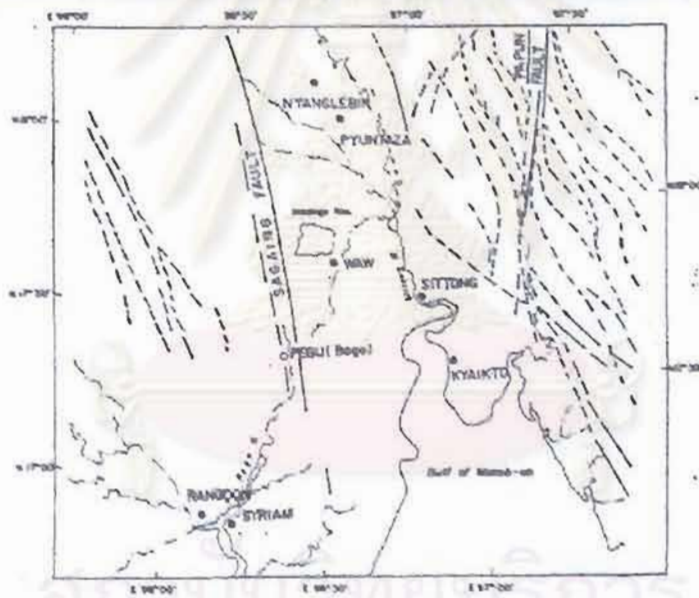
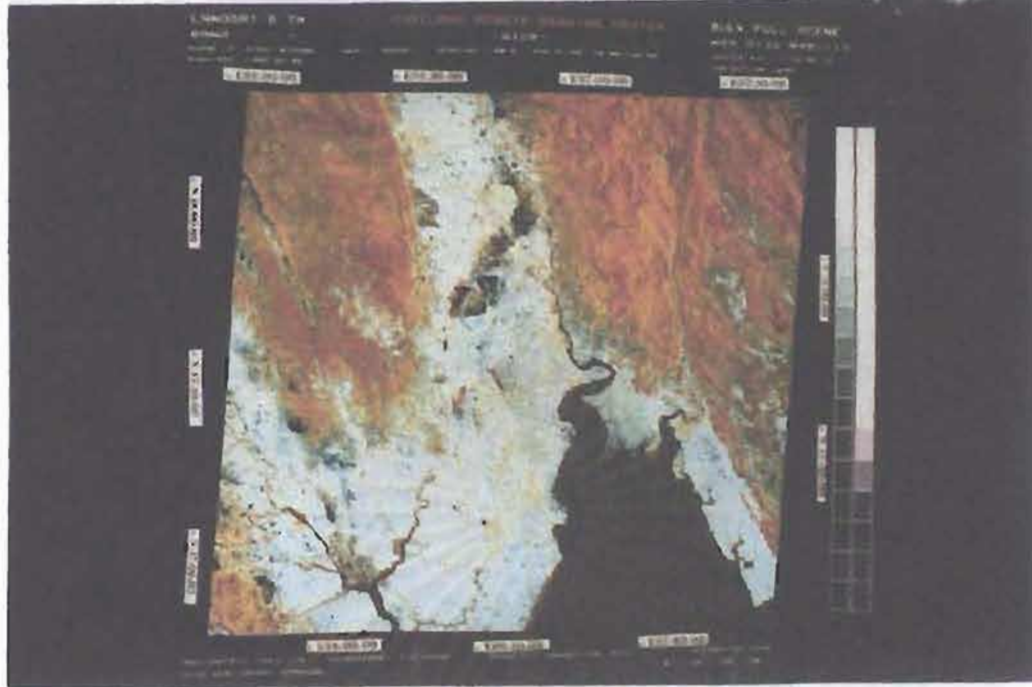
รูป 4.5.15 (บน) ภาพถ่ายเทียมจากภาคกลางตอน
 ตะวันออกเฉียงเหนือ (north central)ของประเทศ
 พม่าตอนเมืองตุง(Muang Tung)
 (ล่าง)แนวสร้างโครงสร้างที่สามารถแปล
 ได้จากภาพถ่ายเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 134-047/111
CENTER N/E : 18.77/ 93.68 PROJECTION : SCMP



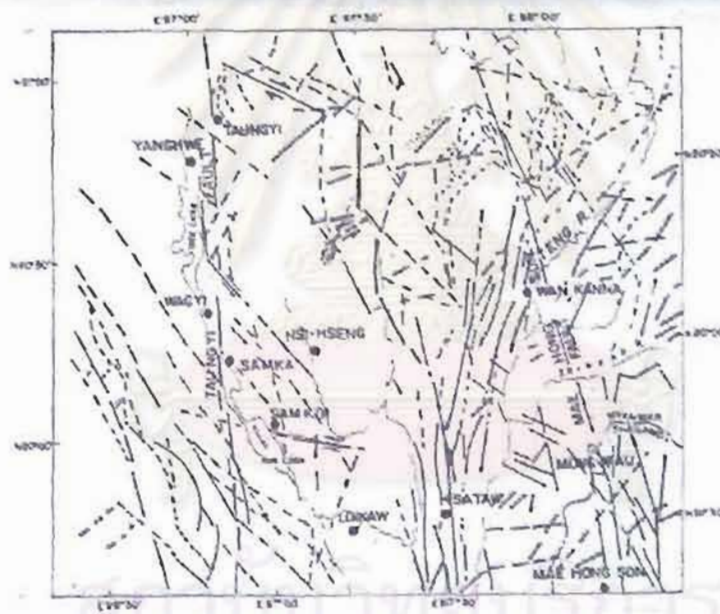
รูป 4.5.16 (บน) ภาพดาวเทียมจากภาคตะวันตก
ตอนใต้(south-western) ของประเทศพม่าแถบเกาะ
รามรี (Ramree)
(ล่าง)แนวเส้นโครงสร้างที่สามารถแปล
ได้จากภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 132-048/113
CENTER N/E : 17 34/ 96.73 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.17 (บน) รูปภาพดาวเทียมจากภาคกลางอัน
เมืองหลวง(central-matropolictan)
แถบเมืองอังกู๋ไปพม่า
(ล่าง)แนวเส้น โครงสร้างที่สามารถแปล
ได้จากภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 132-040/113
 CENTER N/E : 20.22/ 97.39 PROJECTION : SCMP

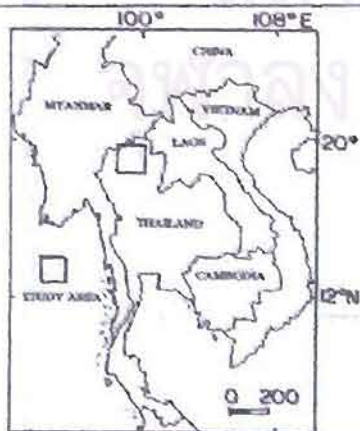
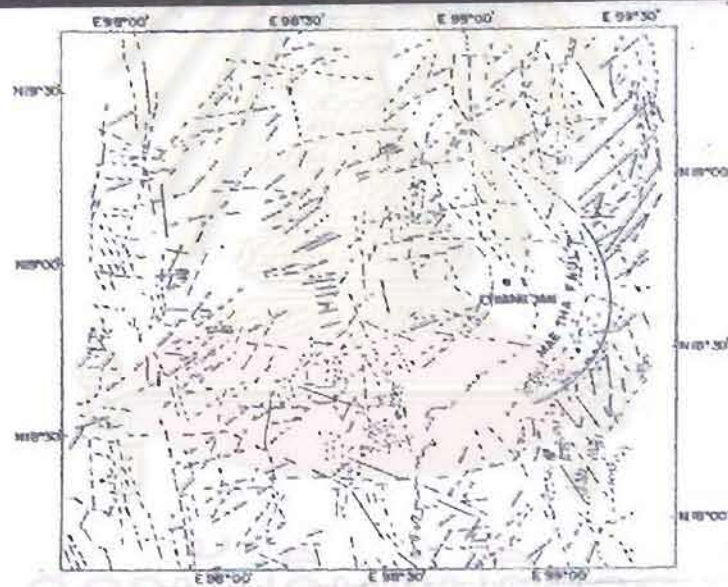


รูป 4.5.18 (บน) ภาพถ่ายเทียมจากภาคกลางตอนเหนือ (north-central) ของประเทศพม่า เมืองตองยี (Taunggyi)

(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถเปิดได้จากภาพถ่ายดาวเทียม

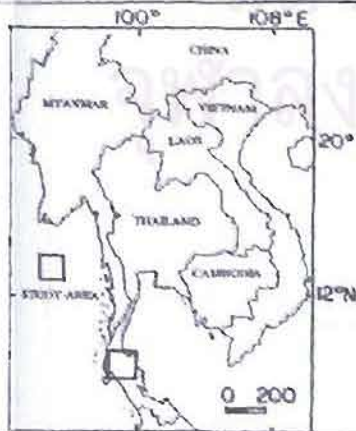
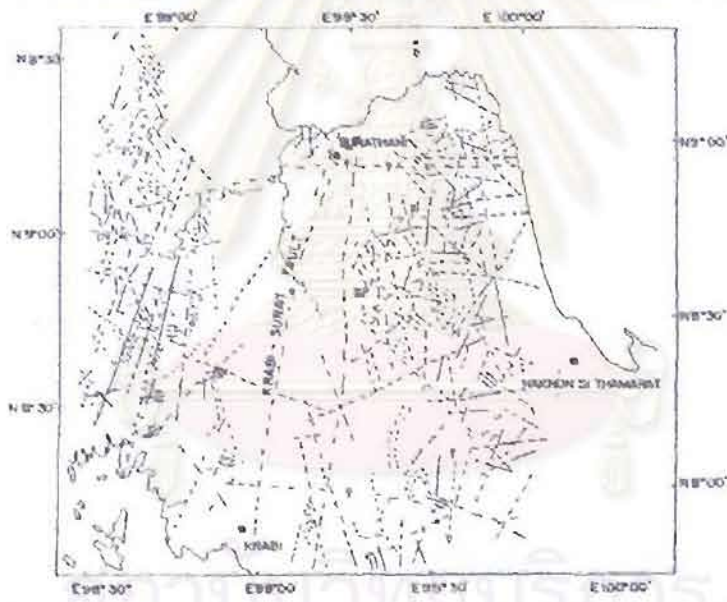
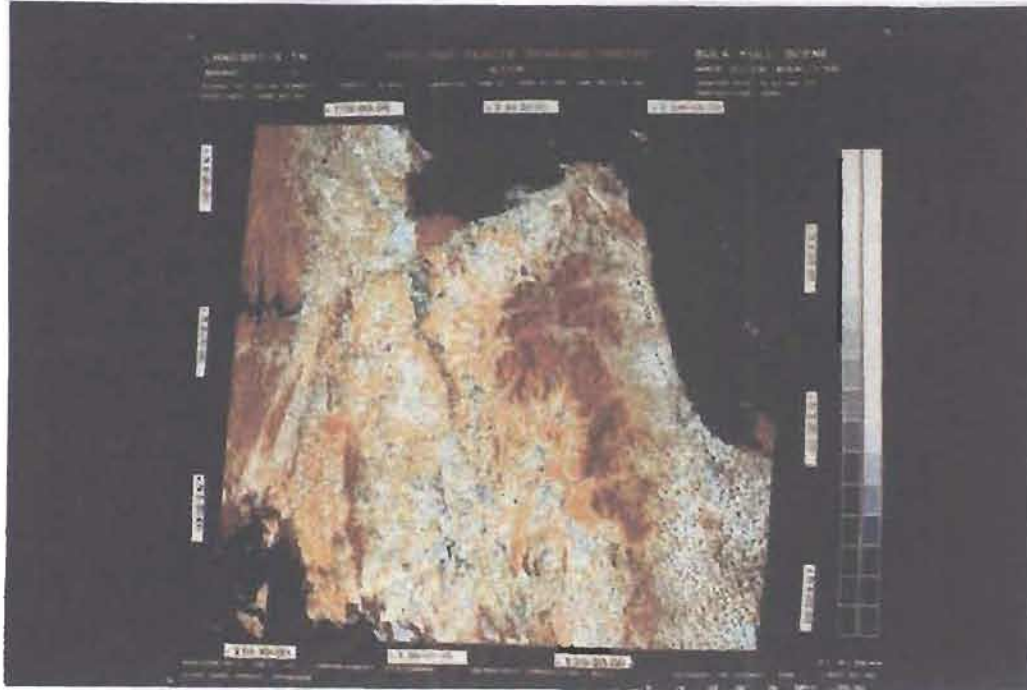


BULK FULL SCENE WRS D 131-047/133
CENTER N/E : 18.77/ 98.58 PROJECTION : SCMP



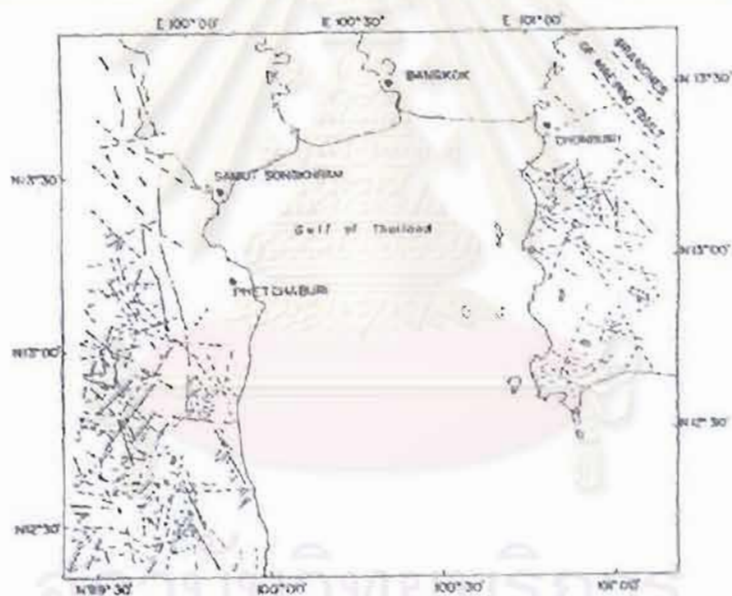
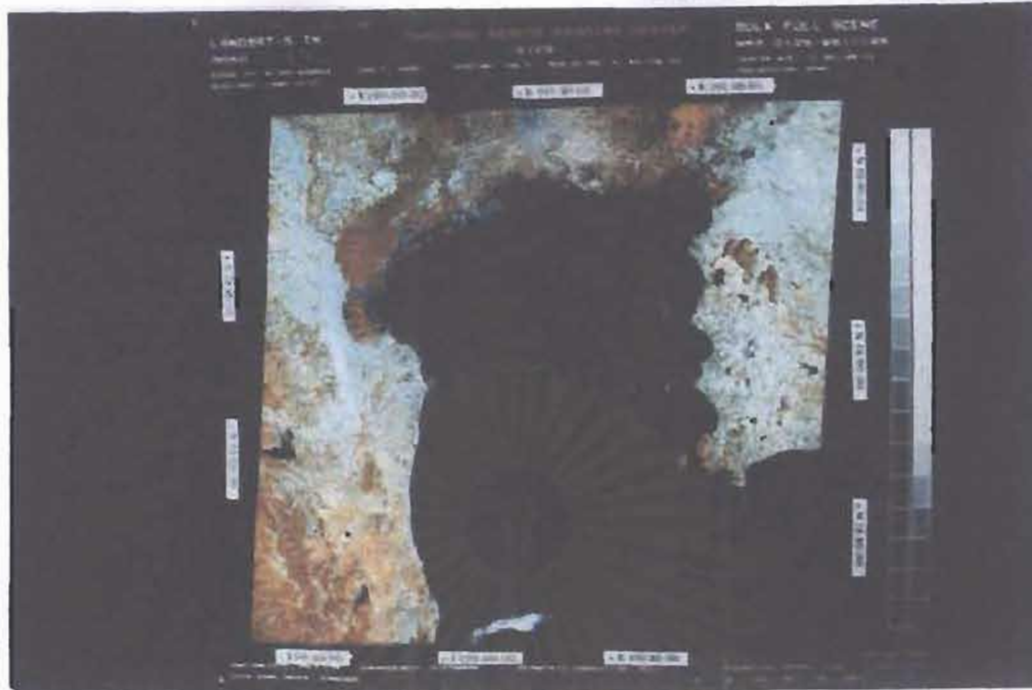
รูป 4.5.19 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคเหนือ
ของไทย แถบเมืองเชียงใหม่
(ทางนูน โครงสร้างที่สามารถแปลได้จาก
ภาพดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-045/136
CENTER N/E : 8.67/ 99.43 PROJECTION : SCMP



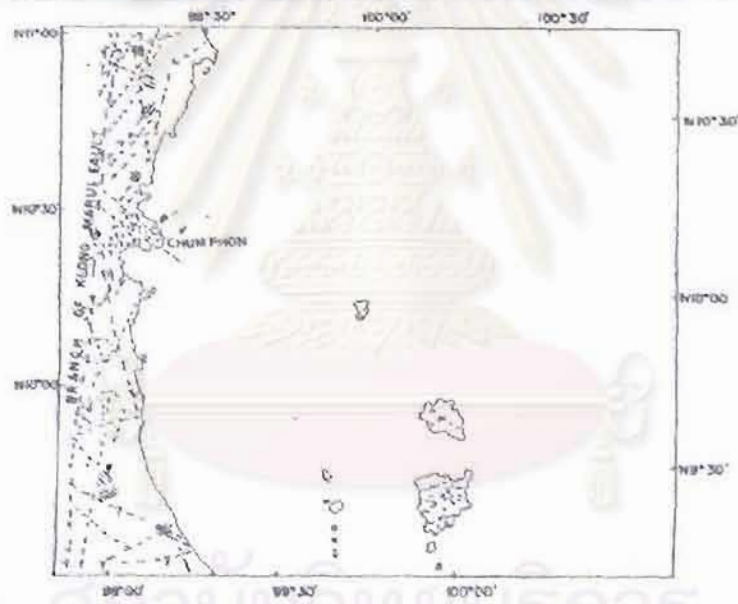
รูป 4.5.20 (บน) ภาพจากดาวเทียมภาคใต้ของไทย
แถบเมืองสุราษฎร์
(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้
จากภาพดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-051/109
 CENTER N/E : 13.00/ 100.42 PROJECTION : SCMP



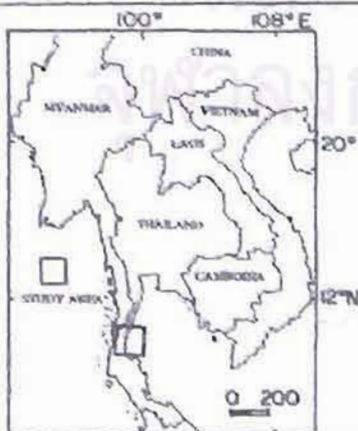
รูป 4.5.21 (บน) ภาพจากดาวเทียมแถบเมือง
 กรุงเทพฯ
 (ล่าง) โครงสร้างที่สามารถแปลได้
 จากภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-053/114
CENTER N/E : 10.10/ 99.86 PROJECTION : SCMP



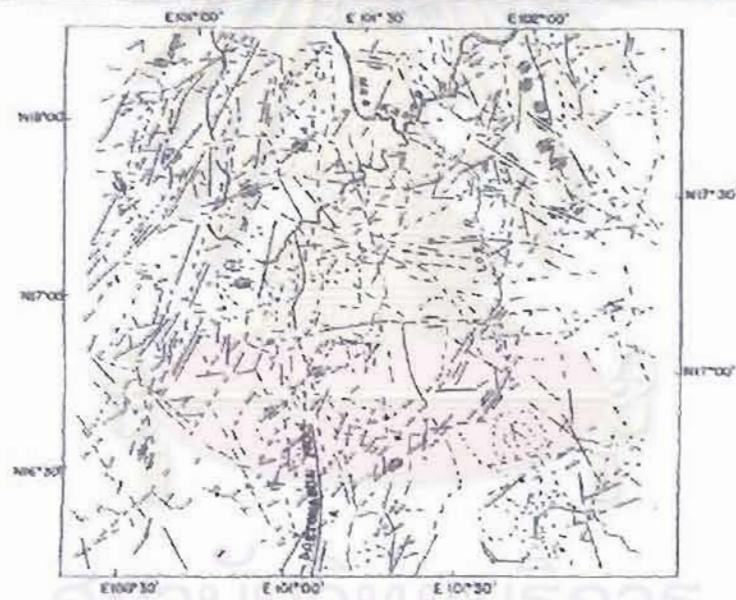
รูป 4.5.22 (บน) ภาพจากดาวเทียมของไทยแถบ
เมืองชุมพร
(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปล
ได้จาทภาพดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-062/132
 CENTER NL : 11.56' 100.08' PROJECTION : SCMP



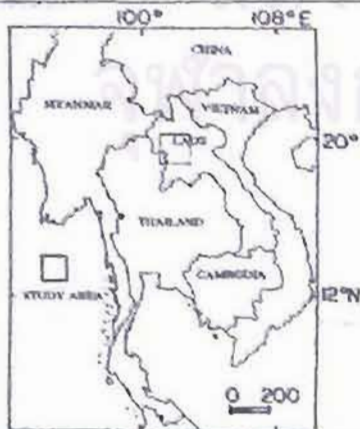
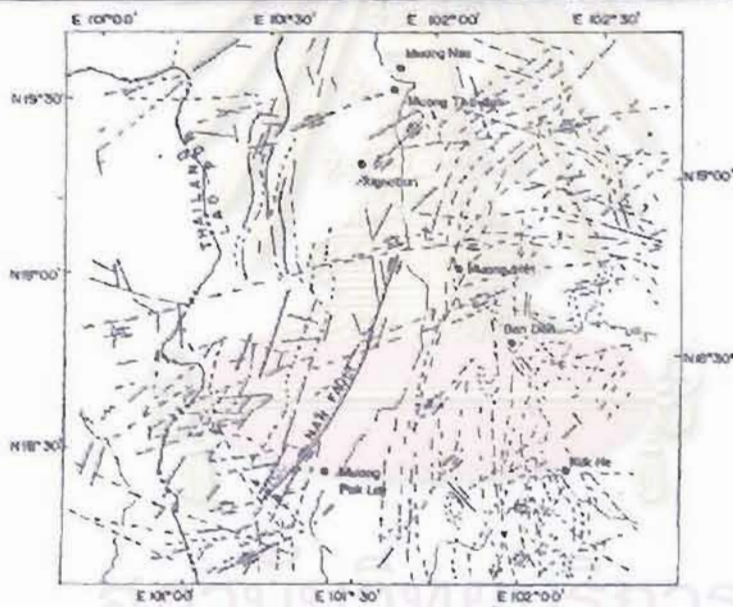
รูป 4.5.23 (บน) ภาพจากดาวเทียมแถบเมือง
 กระจานฯ
 (ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปล
 ได้จากภาพดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS ID 129-048708
 CENTER N/E : 17.34/101.39 PROJECTION : SCMP



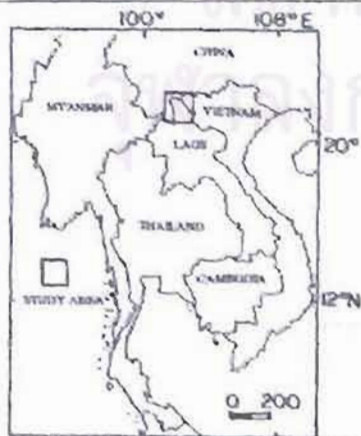
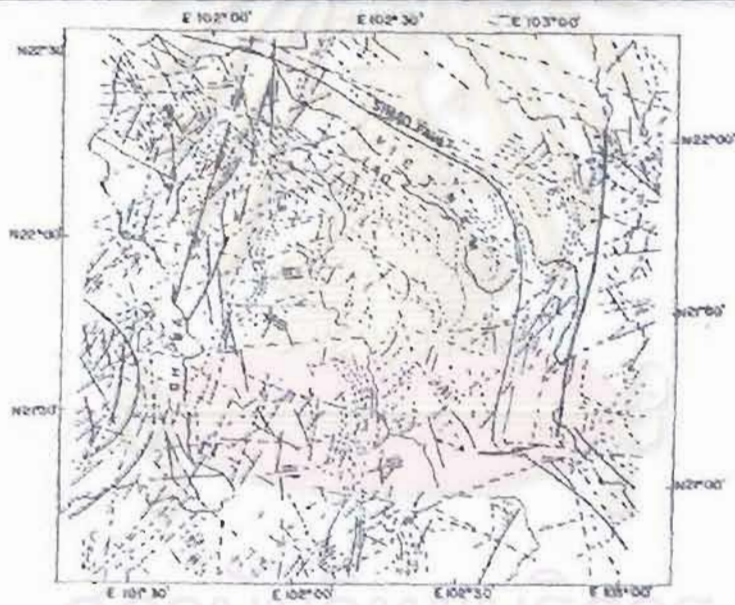
รูป 4.5.24 (บน) ภาพจากดาวเทียมตะวันออกเฉียงเหนือของโตแดนเมืองเพชรบูรณ์
 (ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จากภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-047/133
 CENTER N/E : 18 77/ 101.68 PROJECTION : SCMP



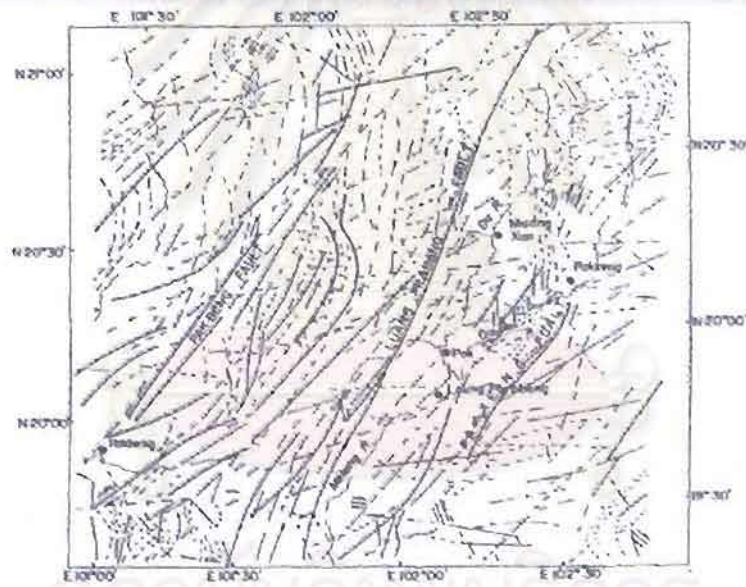
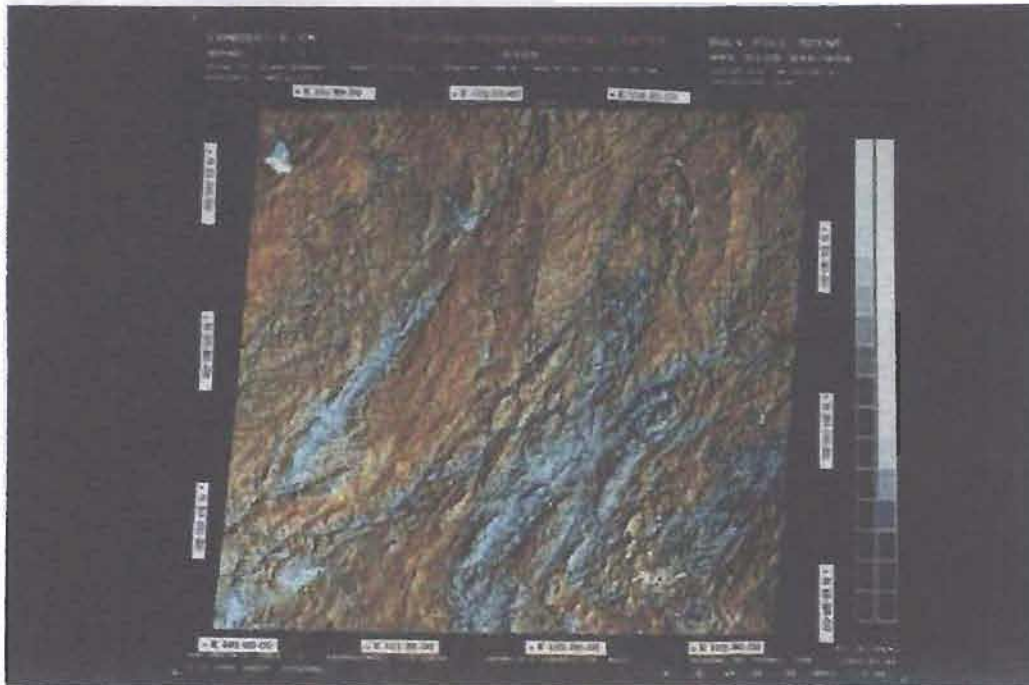
รูป 4.5.25 (กน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคกลาง
 ตอนตะวันตก (west-central) ของ
 (ลาว) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปลได้จาก
 ภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-045/118
 CENTER N/E : 21.65/ 102.36 PROJECTION : SCMP



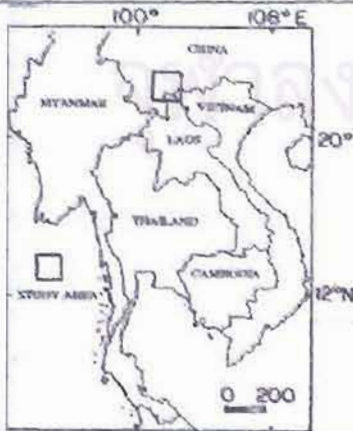
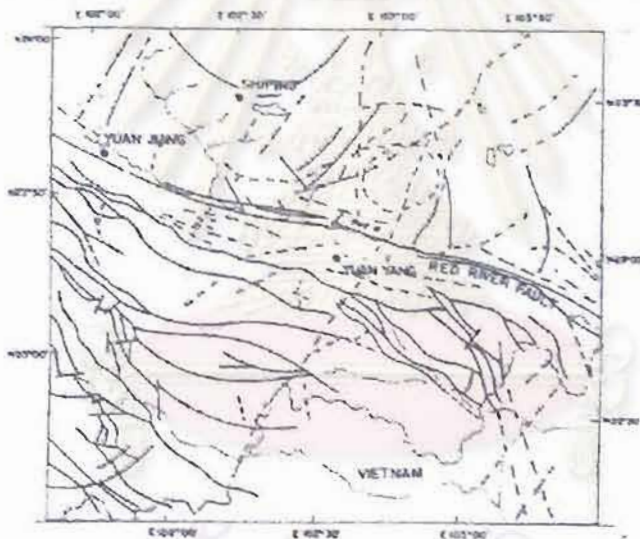
รูป 4.5.26 (บน) ภาพจากดาวเทียมพงศาดี(Pongsali)
 (ล่าง)แผนที่โครงสร้างที่สามารถแปลได้จาก
 ภาพจากดาวเทียม

RULK FULL SCENE WRS D 129-049/090
CENTER N/E : 20.22/ 102.07 PROJECTION : SCMP



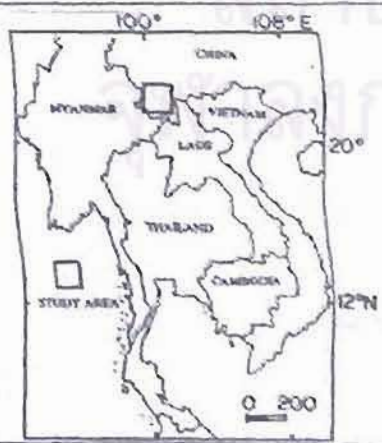
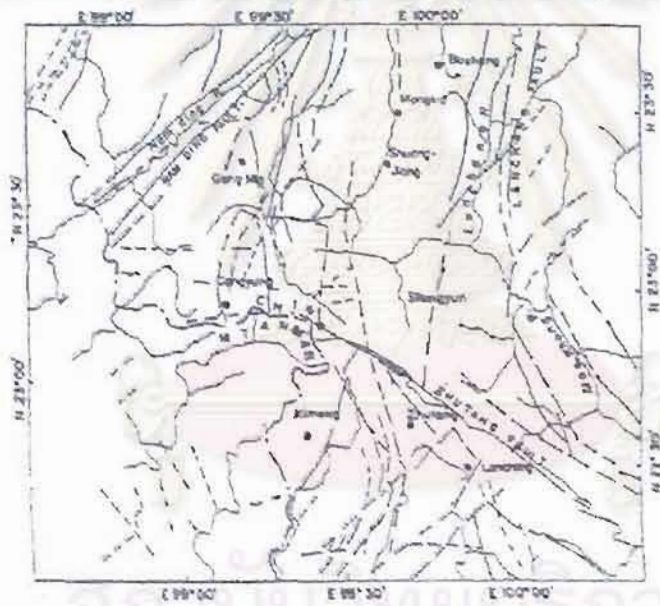
รูป 4.5.27 (บน) ภาพจากดาวเทียมเหนือคอนโด
(south norther) หลวงพระบาง(Loungphrabang)
(ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปล
ได้จากภาพจากดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 129-044/133
 CENTER NO: 23.11/702.69 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.28 (บน) ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณภาคใต้
 ของมณฑลชุนาน(ประเทศจีน) แถบเมืองหวนเจิน
 (Yuan jian) และเมืองหวนฮวง (Yuan yang)
 (ล่าง) เส้นโครงสร้างที่สามารถแปล
 ได้จากภาพดาวเทียม

BULK FULL SCENE WRS D 131-044132
 CENTER NE : 23.11/99.61 PROJECTION : SCMP



รูป 4.5.29 (บน) ภาพจากดาวเทียมบริเวณภาคใต้
 ของมณฑลยูนนาน(จีน)แถบเมืองฉางชาง
 (langchang)
 (ล่าง)เส้น โครงสร้างที่สามารถแปลได้
 จากภาพจากดาวเทียม

1. เทือกเขาด้านตะวันตก

รายละเอียดของลักษณะโครงสร้างโดยทั่วไปของพม่าในบริเวณที่ศึกษาทางด้านตะวันตกสุดของประเทศพม่าประกอบด้วยบริเวณที่เกิดการเลื่อนตัวย้อนกลับ (Thrusting) และมุดตัว (Subduction) อย่างชัดเจน ซึ่งน่าจะเกิดจากอิทธิพลที่แผ่นเปลือกโลกอินโด-ออสเตรเลีย (Indo-Australian Plate) มุดและชนตัวกับแผ่นยูเรเชีย (Eurasian plate) คือส่วนของพม่าจริง ๆ ในภาพดาวเทียมจะเห็นเป็นลักษณะของเทือกเขา (คือเทือกเขาอะระกันโยมา เทือกเขาชินและเทือกเขานากา) วางตัวตามแนวจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือถึงตะวันตกเฉียงเหนือไปทางเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ไปทางใต้ ซึ่งหลายคนเรียกรวม ๆ กันว่า Indoburmese Range (หรือเทือกเขาอินโดพม่า) (ดู Nutalaya และคณะ, 1985 ; Tapponnier และคณะ, 1986) เทือกเขาดังกล่าวนี้เป็นเทือกเขาแคบๆ แต่ทอดตัวยาวมากตั้งแต่เหนือสุดของพม่าออกนอกภาพไปจรดอ่าวเบงกอล บางคนเรียกแนวนี้ว่าแนวคดโค้งอะระกันโยมา (Arakanyoma fold belt, ดู Bender, 1983) ทางตะวันตกเฉียงเหนือของบริเวณนี้คือ บริเวณที่เรียกแคว้นอัสสัม (Assam State) ของอินเดียอันเป็นบริเวณที่จัดว่ามีแผ่นดินไหวมากที่สุดอีกแห่งหนึ่งของโลก

จากการศึกษาโดยใช้ภาพจากดาวเทียมประกอบกับการวิเคราะห์ข้อมูลธรณีวิทยาจากแหล่งอื่น เช่น Mitchell (1993) & Bender (1983) ทำให้คณะผู้วิจัยสามารถแบ่งแนวคดโค้งอินโด-พม่าออกเป็น 3 ส่วน (รูป 4.4) คือส่วนตะวันตกเป็นเทือกเขาเล็ก ๆ ไม่สูงมากนัก ซึ่งประกอบด้วยหินตะกอนยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) โดยที่ทางตะวันตกเป็นหินอายุไมโอซีนตอนบน (Upper Miocene) และด้านตะวันออกประกอบด้วยหินอายุอีโอซีน (Eocene) ซึ่งเป็นหินตะกอนแตกหลุดจำพวกกลุ่มน้ำทะเลลึก (Marine flysch deposits) ถัดเข้ามาตอนกลางจะเป็นหินตะกอนผสมไม่แยกลำดับชั้นตั้งแต่ยุคพรีแคมเบรียนจนถึงครีเตเชียส (Precambrian-Cretaceous) ซึ่งประกอบกันขึ้นมาเป็นแนวเทือกเขาสูงใหญ่มียอดสลับไปมา ส่วนด้านตะวันออกสุดของแนวคดโค้งอะระกันโยมา (หรืออินโด-พม่า) กลับเป็นแนวเทือกเขามียอดเรียงคดโค้งสวยงาม ซึ่งน่าจะประกอบด้วยหินตะกอนที่แสดงลักษณะการโค้งงอ (Folding) ในแนวเหนือ-ใต้เป็นส่วนใหญ่

หินส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินตะกอนอายุเทอร์เชียรีจนถึงครีเตเชียส (Tertiary-Cretaceous sediments) ทั้ง Hutchison (1989) และ Mitchell (1993) ต่างก็เชื่อว่าเพราะอิทธิพลของการเกิดรอยเลื่อนย้อนกลับมุมต่ำ น่าจะเป็นผลให้ชุดหินอักษนิชนิดโอฟีโอไลต์ (Ophiolite suite) อายุใกล้เคียงกันเสียดแทงโผล่ขึ้นมาได้ หินชนิดนี้จัดว่ามีกำเนิดมาจากสันสมุทร (Oceanic ridge) และถูกทำให้แผ่กว้างออกจนเป็นแผ่นเปลือกมหาสมุทร (Oceanic plate) และในที่สุดก็ถูกดันขึ้นมา (Obduction) เนื่องจากอิทธิพลของการมุดตัวของแผ่นเปลือกโลกอินโด-ออสเตรเลีย (Indo-Australian plate) ลงไปใต้แผ่นยูเรเชีย ซึ่งในที่นี้คือแผ่นพม่าตะวันตก (Western Burma Plate) และด้วยเหตุนี้จึงทำให้ แนวสันโครงสร้าง (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 เมื่อดูจากภาพจากดาวเทียมจะเห็นจุด หรือดวงหรือวงเป็นรอยดำ ๆ วางตัวเป็นแนวไปทางเหนือ-ใต้ เป็นจุดเล็กบ้างใหญ่บ้างสลับกันไป ทิวเขาแนวนี้เป็นแนวภูเขาไฟยุคใหม่ (Cenozoic volcanics) ด้วยเหตุนี้ Win Swe (1981) จึงได้ใช้แนวภูเขาไฟนี้กับปีกด้านตะวันตกของเขาพะโคโยมาเป็นแนวแบ่งที่ราบตอนกลางของพม่าออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนด้านตะวันออกของแนวภูเขาไฟ และส่วนด้านตะวันตกของแนวภูเขาไฟ (ดู Curray และคณะ, 1979 & 1982) Hutchison (1989) เชื่อว่าแนวภูเขาไฟนี้ต่อเลยลงไปยังทะเลอันดามันจนกลายเป็นส่วนของ Volcanic arc หินภูเขาไฟนี้คงจะเกิดมาในช่วงมหายุคซีโนโซอิก (Cenozoic) และคงเกิดมาจากการมุดตัว (Subduction) ของแผ่นสมุทร (Oceanic plate) ของแผ่นพม่าตะวันตก (Western Burma block) ลงไปใต้แผ่น (จุลทวีป) ฉานไทย (Shan-Thai block หรือ microcontinent) (ซึ่งรายละเอียดเกี่ยวกับการมุดตัวและการชนกันนี้หาได้จาก Bunopas & Vella, 1983 ; Charusiri, 1989 และ Mitchell, 1985) อิทธิพลของการดันตัว และการมุดตัวนี้เองทำให้เกิดการยกตัวของเทือกเขาพะโคโยมาในลักษณะประทุนหงาย (Syncline) เล็กน้อย แนวเส้นโครงสร้างของเขาพะโคโยมาอยู่ในแนวเหนือเฉียงตะวันตก (NNW-SSE) แต่การวางตัวของชั้นหินอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) ถึงเหนือเฉียงตะวันออก (NNE-SSW) หินที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นเขาพะโคโยมาส่วนใหญ่จึงเป็นหินตะกอนยุคเทอร์เชียรี (Tertiary) อายุประมาณไมโอซีนถึงโอลิโกซีน (Miocene-Oligocene) โผล่ออกมาได้เป็นแนวยาวกว่า 250 กิโลเมตร ตะกอนและหินตะกอนเหล่านี้อาจจัดเป็นจำพวกโมลาส (Molasse-type) เริ่มตั้งแต่อายุอีโอซีน (Eocene) และเมื่อรวมหินยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) ด้วยอาจมีความหนาแน่นมากกว่า 10 กิโลเมตร หินเหล่านี้ถูกแรงดันและแรงอัดรุนแรง (Extensive compression fold) ทำให้เกิดการเปลี่ยนลักษณะ (Deformation) และทำให้เกิดการเลื่อนตัวย้อนกลับมุมต่ำ (Overthrusting) ออกไปจากตำแหน่งเดิมได้มากกว่า 10 กิโลเมตร (Bender, 1983) เชื่อกันว่าบางส่วนของตะกอนวางตัวอยู่ใต้หินตะกอนยุคครีเตเชียส และพาลีโอซีน (Cretaceous & Paleocene) อีกที โดยใช้หลักฐานอ้างอิงจากข้อมูลทางธรณีฟิสิกส์ชนิดคลื่นเสียงหักเห (Seismic refraction) (ดู Curray และคณะ, 1976) นอกจากหินภูเขาไฟแล้วในทางตอนเหนือ (นอกพื้นที่ดาวเทียม) ปรากฏเป็นหินแกรนิตโผล่ออกมาในส่วนของที่ราบด้านตะวันออก

ทางฝั่งตะวันออกของที่ราบด้านตะวันออกนี้ติดกับแนวที่ราบสูงที่เรียกที่ราบสูงฉาน (Shan Plateau หรือ Kachin-Shan-Tanessarim หรือ Eastern Highland) อันเป็นส่วนที่เรียกรัฐฉาน (Shan State) แนวยาว ๆ ที่สังเกตเห็นได้จากภาพจากดาวเทียมทางด้านตะวันออกของเขาพะโคโยมา เป็นเส้นแนวสลับดำไปทางเหนือ-ใต้ วางตัวไปตามแม่น้ำอิระวดี และต่อเลยไปทางภาคเหนือของพม่าคือ แนวรอยเลื่อนสะกายหรือสะเกียง (Sagaing Fault)

3. ที่ราบสูงและเทือกเขาด้านตะวันออก

ส่วนที่สามคือทางด้นตะวันออกของพม่า นับตั้งแต่บริเวณขอบที่ราบสูงกะชิน-ฉาน-แทนเนสเซอร์ิม จนถึงบริเวณที่ติดชายแดนไทย-ลาว และจีนตอนใต้ มีลักษณะโครงสร้างที่สำคัญที่พอแยกความแตกต่างได้ 3 แนว จากภาพจากดาวเทียม คือบริเวณด้านเหนือ บริเวณตอนกลาง และบริเวณด้านใต้ของที่ราบสูง

กล่าวโดยทั่วไปบริเวณตอนเหนือสุดของพื้นที่ (ภาพจากดาวเทียม, รูป 4.5.7, 4.5.11 และ 4.5.13) ประกอบด้วยแนวเส้นโครงสร้างที่วางตัวอยู่ในแนวตะวันออก-ตะวันตก (E-W) ไปจนถึงตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (ENE-WNW) โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินแกรนิต หินพรีแคมเบรียน (Precambrian rocks) และหินซูดพาลีโอโซอิก (Paleozoic rocks) เป็นส่วนใหญ่ อันเป็นส่วนที่ Bunopas & Vella (1983) เรียกว่าแผ่นทวีปฉานไทยซึ่งต่อเลยมาจากตอนเหนือของไทย แนวโครงสร้างใหญ่ของหินบริเวณนี้แผ่ไปถึงทางด้นจีนตอนใต้ (มณฑลยูนนาน, ภาพดาวเทียมรูป 4.5.28 และ 4.5.29) ในบริเวณนี้มีแนวรอยเลื่อนเด่น ๆ อยู่ 3-4 แนว วางตัวขนานกันในแนว ENE-WNW เช่นเดียวกับแนวโครงสร้างใหญ่ แนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่ที่พบอย่างชัดเจนนี้คือ รอยเลื่อนนันทิน (Nanting Fault ; Huchon, 1994) ซึ่งวางตัวอยู่เกือบตะวันออก-ตะวันตก

ในบริเวณตอนกลางที่ราบสูงลักษณะแนวโครงสร้าง (Lineament) ด้านตะวันตกวางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ส่วนแนวเส้นโครงสร้างด้านตะวันออกวางตัวอยู่ในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ (NNW จนถึง NW) เป็นส่วนใหญ่ และต่อเลยเข้ามาในประเทศไทยทางตอนเหนือด้วย สำหรับทางตอนกลางของที่ราบสูง โครงสร้างที่เด่นชัดมากจากภาพดาวเทียมคือ ลักษณะโครงสร้างประทุนหงาย (Syncline) ขนาดใหญ่มากติดกับที่ราบสูงด้านตะวันตก และโครงสร้างประทุน(คว่ำ) (Anticline) ติดกับที่ราบสูงด้านตะวันออก โดยมี การวางตัวโดยทั่วไปอยู่ในแนวเหนือใต้เป็นส่วนใหญ่ แต่ส่วนของประทุนจะมีการบิดตัวไปทางทิศเหนือตะวันตก (NNW) ทางตอนเหนือสภาพธรณีวิทยาโดยทั่วไปของพื้นที่เป็นหินซูดพาลีโอโซอิกเป็นส่วนใหญ่ มีหินแกรนิตไหลออกมาห่อหุ้มเล็ก ๆ ประปรายไม่เด่นชัดเหมือนตอนบนของพื้นที่ รอยเลื่อนที่พบเป็นไปตามแนวเส้น (Lineament) หลัก ๆ ยกเว้นตอนใต้ของบริเวณพื้นที่นี้จะมีแนวรอยเลื่อนเด่นชัดอีกแนว แนวเกือบตะวันตก-ตะวันออก (E-W)

บริเวณตอนใต้ของที่ราบสูงกะชิน-อิระวะดี-แทนเนสเซอร์ิม มีลักษณะเป็นเทือกเขาสูงทอดตัวไปตามแนวยาวมากกว่าที่จะเป็นที่ราบสูงเหมือนตอนบน และตอนกลาง โดยอยู่ทางด้นตะวันออก และด้านใต้ของพม่าติดต่อกับทางด้นตะวันตก และด้านเหนือของประเทศไทย จากภาพจากดาวเทียมปรากฏลักษณะการวางตัวของแนวเส้น (Lineament) ที่ต่อเลยเข้าไปในประเทศไทย โดยเฉพาะบริเวณแถบ อ.แม่สะเรียง แม่ฮ่องสอน และขุนยวม ลักษณะแนวเส้นส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ (N-S) โดยเฉลี่ย ในที่นี้เรียกชื่อรอยเลื่อนนี้ว่ารอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน (Mae Hong Son Fault, Charusiri และคณะ, 1993) แต่ทางด้นตะวันตกของพื้นที่ แนวเส้นส่วนใหญ่วางตัวอยู่ในแนว NNE จนถึง NE อย่างชัดเจน ในทางธรณี

วิทยาทางด้านตะวันตกของบริเวณนี้เป็นเทือกเขาแกรนิต และยังมีหินแกรนิตโผล่เป็นหย่อม ๆ หินแกรนิตเหล่านี้โดยเฉพาะทางใต้สุดของพม่า(นอกพื้นที่ศึกษา) ตรงข้ามกับจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากการหาอายุด้วยวิธี Rb-Sr จากแกรนิตทั้งก่อนพบว่ามียุคตั้งแต่ 94 ถึง 45 ล้านปีคือ ช่วงอายุครีเทเชียส จนถึงเทอร์เชียรี (Cobbing และคณะ, 1988, Putthapiban, 1992) ทางตอนกลางเป็นหินตะกอนนิรรูปติ (Diamicite) เทียบเท่าหินชุดแก่งกระจาน(ของไทย) ซึ่งมีอายุประมาณยุคเพอร์โม-คาร์บอนิเฟอรัส (Permo-Carboniferous) พบแนวรอยเลื่อนมากมายที่สำคัญได้แก่ รอยเลื่อนตองยีหรือตองกะยี (Taung Gyi Fault) และรอยเลื่อนแปนลอง ซึ่งบางคนเรียกพานหลวง(Pan Laung) รอยเลื่อนตองยีนับว่ามีความยาวมาก กินอาณาเขตบริเวณตั้งแต่ตอนกลางเรื่อยลงไปถึงใต้สุดของพื้นที่ศึกษา และอาจต่อเลยลงไปจนใต้สุดของประเทศพม่าก็ได้ (ดูBender, 1983) ลักษณะโครงสร้างทางใต้ของพม่าตะวันออกดังกล่าวถูกตัดด้วยแนวรอยเลื่อนใหญ่ที่เรียกรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ ซึ่งวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ทางทิศตะวันออกของไทย

4.3 ลักษณะโครงสร้างของประเทศไทยตอนเหนือและตะวันตก

ลักษณะโครงสร้างของประเทศไทยในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ โครงสร้างที่สัมพันธ์กับธรณีแปรสัณฐานของภาคเหนือของประเทศ และบางส่วนของภาคตะวันตกเท่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมเท่านั้น (ดูรูป 4.5.19 ถึง 4.5.24) โดยทั่วไปลักษณะโครงสร้างหลัก ๆ ของประเทศไทยในส่วนนี้ประกอบด้วย แนวเส้นโครงสร้างหลักที่จัดตัวกันใน 4 ทิศทาง คือแนวเส้นหลักที่จัดตัวเองในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ทางทิศตะวันตกของประเทศไทย แนวเส้นในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ที่อยู่ทางใต้ของประเทศไทย จนถึงตะวันตกเฉียงใต้ แนวเส้นในทิศตะวันออก-ตะวันตก ที่อยู่ทางทิศเหนือ และแนวเส้นตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือที่อยู่ทางทิศตะวันออก (ดูปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2533)

จากลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาบริเวณกว้างเมื่อพิจารณาจากภาพจากดาวเทียม จะเห็นได้ว่าทางตอนเหนือของประเทศไทยสามารถแบ่งลักษณะโครงสร้างธรณีวิทยาออกได้เป็น 3 ส่วนด้วยกัน คือ 1) ทางด้านตะวันตกสุดเกือบจรดพรมแดนพม่า 2)ทางตอนกลาง และ3)ทางตะวันออกเฉียงใต้ โดยโครงสร้างเหล่านี้ไปสิ้นสุดที่ทางตอนเหนือในบริเวณมณฑลยูนนาน (จีนตอนใต้) เนื่องจากอิทธิพลของรอยเลื่อนแม่น้ำแดง (Red River Fault) และรอยเลื่อนนานคินหรือนานติง(Nanting) ส่วนทางใต้นั้นถูกกำหนดด้วยรอยเลื่อนใหญ่ในที่นี้ให้ชื่อว่ารอยเลื่อนแม่ปิง(Mae Ping Fault) ซึ่งบางคนเรียกรอยเลื่อนวังเจ้า(Wang Chao Fault หรือ Papun Fault ; Tapponnier และคณะ, 1986) ลักษณะทางธรณีวิทยาโครงสร้างด้านตะวันตกนี้ส่วนใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งประกอบด้วยหินแปรซับซ้อน Metamorphic complex) ยุคพรีแคมเบรียนที่บางส่วนถูกกลืนสภาพไปเป็นหินมิกมาไทต์(Migmatite) เนื่องจากการแทรกดันของหินแกรนิตตะกอน(S-type) ยุคไทรแอสซิก ถึงเทอร์เชียรีมาผสม หินแกรนิตเหล่านี้มีบ้างที่เป็นหินแกรนิตอัคนี(I-type) และก็แทรกดันเข้ามาในหินข้างเคียงเหมือนๆ กัน ซึ่งได้แก่ตะกอนแตกหลุด(clastics)และคาร์บอเนต(carbonates) ซึ่งมีอายุในช่วงอายุพาลีโอโซอิก (Paleozoic) เป็นส่วนใหญ่ โครงสร้างด้านตะวันตกนี้ไปสิ้นสุดที่บริเวณ

ค้ำยันตะวันตกของแอ่งเชียงใหม่ (Chiang Mai Basin) โดยอิทธิพลของแนวรอยเลื่อนแม่ทา (Mae Tha Fault) ซึ่งมีแนวการวางตัวเป็นแนวโค้งประมาณโดยเฉลี่ยในทิศเหนือ-ใต้ (ดู ปัญญา จารุศิริ และคณะ, 2537) เป็นที่น่าสังเกตว่าหินยุคเมโสโซอิกไม่ปรากฏในส่วนโครงสร้างค้ำยันตะวันตกนี้เลย นอกจากนั้นยังพบว่าระหว่างพรมแดนไทยและพม่ามีรอยเลื่อนปรากฏชัดอีกหนึ่งแนวที่วางตัวเกือบตะวันออก-ตะวันตกแบบเดียวกับรอยเลื่อนนานดิงของจีนเรียกรอยเลื่อนเชียงราย (Chiang Rai Fault) หรือบางคนเรียกแม่จัน (Mae Chan Fault) หรือรอยเลื่อนเชียงแสน (Chiang Saen Fault) เป็นที่น่าสังเกตว่าลักษณะโครงสร้างของบริเวณนี้สัมพันธ์กับแนวคดโค้งขนาดใหญ่ที่เรียก Sukhothai Fold belt

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

ลักษณะโครงสร้างถัดมาคือ โครงสร้างตอนกลางภาคเหนือ ซึ่งนับตั้งแต่ฝั่งด้านตะวันออกของแอ่งเชียงใหม่ไปจนถึงส่วนที่มีผลทำให้เกิดรอยเลื่อนใหญ่ที่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ที่ชื่อว่ารอยเลื่อนนาน-อุตรดิตถ์ (Nan-Uttaradit Fault) บางคนเรียกรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู (Dien Bien Phu Fault, ดู Huchon และคณะ, 1994) ในระหว่างรอยเลื่อนแม่ทาและรอยเลื่อนนาน-อุตรดิตถ์ยังมีรอยเลื่อนที่วางตัวในแนวเดียวกันอีกหลายตัว บริเวณจังหวัดแพร่ เรียกรวมกันว่า รอยเลื่อนแพร่ ซึ่งต่อไปถึงประเทศลาวบริเวณแถบอุดมไซ (Oudomsay) ลักษณะโครงสร้างของชั้นหินวางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ได้พบหินตะกอนภูเขาไฟในยุคพาลีโอโซอิกมากมาย อีกทั้งยังมีหินตะกอนทะเลยุคไทรแอสซิกกระจายอยู่ทั่วไป ทำให้แยกลักษณะโครงสร้างแถบนี้ออกจากค้ำยันตะวันตก หินแกรนิตบริเวณแถบนี้โผล่ให้เห็นเป็นหย่อม ๆ ส่วนใหญ่เป็น I-type อายุโดยเฉลี่ยประมาณไทรแอสซิก โครงสร้างลักษณะนี้ไปสิ้นสุดทางด้านตะวันออกบริเวณที่เรียก Nan-Uttaradit Geosuture (Barr & Macdonald, 1987) อันเป็นบริเวณที่นอกจากจะปรากฏให้เห็นด้วยรอยเลื่อนนาน-อุตรดิตถ์แล้วยังปรากฏของชุดหินอัคนีที่เรียก โอไฟโอไลต์ (Ophiolite suite) โผล่เป็นหย่อม ๆ ตามแนวรอยเลื่อนอีกด้วย Charusiri และคณะ (1993) ได้ทำการศึกษาโครงสร้างบริเวณทางตะวันตก และทางใต้ของบริเวณนี้อย่างละเอียดพอสรุปได้ว่า โครงสร้างที่เห็นเด่นเป็นแนวเส้นโครงสร้างชัดเจนคือ โครงสร้างในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งก็สัมพันธ์ และพ้องกับการวางตัวของโครงสร้างในบริเวณกว้างในแถบนี้ นอกจากนั้นแหล่งแร่หลายประเภทยังเกิดขึ้นมาอยู่ในแนวนี้อีกด้วย ลักษณะโครงสร้างบริเวณนี้สัมพันธ์กับแนวคดโค้งขนาดใหญ่ที่เรียก Loei Fold Belt (Bunopas & Vella, 1983) ซึ่งต่อเลยออกไปในประเทศ บริเวณเมืองปาล (Pak Lay) ไทรบุรี (Sayaburi) และหลวงพระบาง ไปจนถึงเมืองเดียนเบียนฟูของประเทศเวียดนาม

ส่วนโครงสร้างสุดท้ายของภาคนี้คือ โครงสร้างทางด้านตะวันออก ซึ่งนับตั้งแต่รอยเลื่อนนาน-อุตรดิตถ์ ไปจนถึงขอบด้านตะวันตกสุดของที่ราบสูงโคราช ซึ่งถูกกำหนดด้วยแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่อีกแนวหนึ่งที่วางตัวอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ไปตามแม่น้ำป่าสัก ผ่านเพชรบูรณ์ไปจนถึงตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ดูภาพดาวเทียม, รูป 4.5.25 ถึง 4.5.27) บริเวณอันคนบุรี (หรือ Xaignaburi หรือ Sayaburi, ดู Nutalaya, 1992) โดยมีลักษณะทางธรณีวิทยาค้ำยันตะวันตกคล้ายกับบริเวณค้ำยันตะวันออกของโครงสร้าง

ตอนกลางของภาคเหนือคือ มีหินตะกอนยุคไทรแอสซิก และหินตะกอนภูเขาไฟ ยุคพาลีโอโซอิกตอนปลาย ส่วนกลาง และด้านตะวันออกแสดงลักษณะที่ราบสูงเห็นชัดเจนจากข้อมูลภาพดาวเทียม เนื่องจากมีหินตะกอนชุดโคราชเห็นเป็นลักษณะโครงสร้างที่เรียก Inlier อย่างชัดเจน สำหรับหินแกรนิตโผล่ให้เห็นอย่างประปรายไม่เด่นชัด ส่วนทางด้านตะวันออกสุดเป็นหินภูเขาไฟซึ่งคงจะปะทุขึ้นมาตามแนวรอยเลื่อนนี้ อายุหินภูเขาไฟประมาณเพอร์โม-ไทรแอสซิก ดังนั้นแนวเส้นบริเวณนี้ที่เด่น ๆ คือที่วางตัวในแนวเดียวกับแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้เหมือนโครงสร้างตอนกลาง และลักษณะโครงสร้างด้านตะวันตกของไทย เมื่อพิจารณาจากภาพดาวเทียม (รูป 4.8) จะเห็นว่าถูกขนาบด้วยแนวรอยเลื่อนขนาดใหญ่สองแนวที่วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ตอนเหนือของโครงสร้างถูกกำหนดด้วยรอยเลื่อนแม่ปิง ส่วนทางตอนใต้ถูกกำหนดด้วยรอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ ลักษณะทางธรณีวิทยาที่สำคัญ คือ มีแนวแกรนิตปรากฏเป็นเทือกเขาใหญ่วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ตัดเข้ามาในหินยุคพาลีโอโซอิก และตรงบริเวณรอยเลื่อนทั้งสองแนวนี้ หินชุดไทรแอสซิก และพาลีโอโซอิกตอนบนจะวางตัวอยู่ในแนวนี้ แหล่งแร่หลายชนิดปรากฏให้เห็นในบริเวณนี้ และแสดงความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับหินแกรนิตซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินแกรนิตตะกอน (S-type) และสัมพันธ์กับโครงสร้างภายในบริเวณนี้อีกด้วย

อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Nutalaya และคณะ (1985) ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับรอยเลื่อนในบริเวณนี้ว่าน่าจะประกอบด้วยรอยเลื่อนใหญ่ 3 แนวด้วยกัน กล่าวคือ 1) รอยเลื่อนเมฆ-อุทัยธานี 2) รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ และ 3) รอยเลื่อนด่านเจดีย์สามองค์ Bunopas (1976) ได้เสนอว่า ลักษณะการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนกลางสาย(Lan Sang Fault) (ซึ่งคณะผู้วิจัยสันนิษฐานว่าน่าจะเป็นสาขาหนึ่งของรอยเลื่อนแม่ปิง) มีการเคลื่อนตัวแนวราบลักษณะซ้ายเลื่อนเข้า(Sinistral displacement) จากหลักฐานที่ว่าแนวสัมผัสของรอยเลื่อนนี้อยู่ระหว่างหินปูนอายุออร์โดวิเซียนและถ่านหินลิกไนท์ยุคเทอร์เชียรี ซึ่งแนวคิวดังกล่าวคล้ายกับของ Nutalaya และคณะ (1985) ซึ่งเชื่อว่ารอยเลื่อนใหญ่ทั้งสามตัวที่กล่าวมาแล้วข้างบนน่าจะเป็นรอยเลื่อนเป็นระบบเชิงซ้อนมีทั้งที่เป็นรอยเลื่อนปกติ รอยเลื่อนย้อนกลับมุมต่ำ และรอยเลื่อนแนวราบ นอกจากนั้นตามแนวคิดของ Nutalaya และคณะ (1985) ยังเชื่อว่าแนวรอยเลื่อนใหญ่ทั้งสามตัวนี้น่าจะมีความต่อเนื่องมาจากรอยเลื่อนแปนลอง และรอยเลื่อนตองยีในพม่า อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยเชื่อว่าเมื่อพิจารณาจากภาพดาวเทียมรอยเลื่อนดังกล่าวนี้อาจเป็นส่วนต่อมาจากรอยเลื่อนแปนลอง และตองยี แต่รอยเลื่อนทั้งสองนี้คงมีแนวรอยต่อไปทางใต้เรื่อย ๆ จนไปสิ้นสุดที่ทะเลเมฆะตะมะ Natalaya & Rau (1984) ได้เสนอแนวความคิดว่าแนวรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์และด่านเจดีย์สามองค์ที่วางตัวเกือบอยู่ในแนวแดงใหญ่ และแดงน้อยนั้น อาจแสดงลักษณะการเคลื่อนตัวแนวราบที่ด้านขวาเลื่อนเข้าในลักษณะเดียวกับรอยเลื่อนยักษ์สะเทียงทางตอนกลางของพม่า ซึ่งก็ตรงกับแนวคิดของคณะผู้วิจัย นอกจากนั้นคณะผู้วิจัยยังเชื่ออีกว่าการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนแม่ปิงในอดีตอาจเป็นลักษณะเดียวกับที่ Bunopas (1976) และ Natalaya และคณะ (1985) ได้คาดคิดเอาไว้คือ ด้านซ้ายเลื่อนเข้า แต่ในปัจจุบันเมื่อเปลือกโลกเกิดการคลายตัวการเคลื่อนตัวอาจกลับทิศและทำให้เปลี่ยนเป็นด้านขวาเลื่อนเข้าได้เพื่อต้องการปรับสภาพของเปลือกโลกบริเวณแถบนี้ให้สมดุล

สรุปจากการศึกษาโดยภาพจากดาวเทียมในครั้งนี้นำประกอบกับข้อมูลธรณีแปรสัณฐาน และข้อมูลจากการบินสำรวจธรณีฟิสิกส์ และข้อมูลธรณีวิทยาทั่วไป (ดู Charusiri, 1989) พอลงอนุมานได้ว่าแนวเส้นใหญ่ๆ ของไทย คือ กลุ่มหรือเขตรอยเลื่อนใหญ่ซึ่งพอจะแบ่งออกตามภาคได้ดังแสดงในตาราง 4.1

ตาราง 4.1 กลุ่มรอยเลื่อนสำคัญ ๆ ในประเทศไทยแบ่งตามภาค

ภาค	กลุ่มรอยเลื่อน
เหนือ	1) เชียงราย 2) แม่สะเรียง 3) แพร่ 4) แม่ทา 5) อุดรดิษฐ์
ตะวันตก	1) ปิง-เมย 2) ศรีสวัสดิ์-น้ำโจน 3) เจดีย์สามองค์
ตะวันออกเฉียงเหนือ	1) เลย-เพชรบูรณ์ 2) ท่าแขก-นครพนม 3) ภูพาน
กลาง	1) แม่ปิง 2) เจ้าพระยา 3) แควน้อย 4) แควใหญ่
ตะวันออก	1) ระยอง 2) แกลง
ใต้	1) ระนอง 2) คลองมะรุ่ย 3) ยะลา-ปัตตานี และ 4) กระบี่-สุราษฎร์

รายละเอียดของรอยเลื่อนกลุ่มหรือเขตต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

ก. รอยเลื่อนในเขตภาคตะวันตก

1. *เขตรอยเลื่อนแม่ปิงหรือเมย-อุทัยธานี (Moei - Uthai Thani Fault Zone)* จากภาพดาวเทียม (รูป 4.5.14) ประกอบด้วยรอยเลื่อนอย่างน้อย 2 กลุ่มคือ รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี และรอยเลื่อนลานสาง-วังเจ้า รวมความยาวเกือบ 200 กม เริ่มตั้งแต่แนวลำน้ำเมย ดัดพรหมแดนไทยพม่า ทางตะวันตกเฉียงเหนือติดต่อกันลงมา โดยหลายคน (Nutalaya และคณะ, 1985 ; ชัยยันต์ หินทอง, 2534) เชื่อว่า ปานหลวง (พานหลวง) ในประเทศพม่าเข้ามาสู่เขตประเทศไทยตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนคณะผู้วิจัยเชื่อว่ารอยเลื่อนนี้น่าจะต่อเลยไปบรรจบกับรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอนทางตอนเหนือมากกว่า รอยเลื่อนเมย-อุทัยธานีผ่านชั้นหินมากมายตั้งแต่มหายุคพรีแคมเบรียน (Precambrian) ถึงมีโซโซอิก (Mesozoic) ต่มาทางใต้รอยเลื่อนนี้มีแนวทิศทางหักลงตามแนวทิศใต้เล็กน้อย โดยผ่านลำน้ำแม่ปิงตอนเหนือ และผ่านขอบแอ่งที่ราบลุ่มเจ้าพระยา ผ่านเขตจังหวัดอุทัยธานี ลงมาทางใต้ถึงจังหวัดอ่างทอง จากหลักฐานทางธรณีแปรสัณฐานพบว่าเดิมเป็นรอยเลื่อนตามแนวระนาบซ้ายในช่วงอายุเทอร์เชียรี ต่อมาในสมัยควอเทอร์นารี การเคลื่อนไหวเป็นไปในทิศตรงกันข้าม กลายเป็นรอยเลื่อนระนาบขวาเข้า เนื่องจากแผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนไปชนกับแผ่นทวีปเอเชียทางด้านประเทศทิเบต ในราว 45 - 50 ล้านปีที่ผ่านมามาจนถึงปัจจุบัน

2. *เขตรอยเลื่อนน้ำโจนหรือศรีสวัสดิ์ (Nam Chon หรือ Si Sawat Fault Zone)* ในภาพจากดาวเทียม (รูป 4.5.1) เห็นได้ไม่ชัดเจนเนื่องจากเป็นส่วนปลายแต่เป็นเขตรอยเลื่อนที่พาดผ่านด้าน

ทิศตะวันตกของประเทศไทย จากข้อมูลภาพจากดาวเทียมพบว่าน่าจะเป็นสาขาของรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี แต่บางคน (เช่น ชัยยันต์ หินทอง, 2534) เชื่อว่าแยกมาจากรอยเลื่อนพานหลวง มีแนวพาดผ่านตามทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ทำมุมเข้าหารอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ในทิศเหนือโดยประมาณ แต่อยู่ถัดลงมาทางใต้ ผ่านอำเภอศรีสวัสดิ์ และบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี และตามลำแม่น้ำแควใหญ่ด้านเขื่อนน้ำโจนจนถึงตัวเมืองกาญจนบุรี เมื่อพ้นพรมแดนประเทศไทยออกไปทางตะวันตกแล้ว แนวค่อนข้างเบี่ยงไปทางเหนือเล็กน้อยไปบรรจบกับรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ตัดผ่านชั้นหินดั้งเดิมหายุคพาสิโอโซอิก และน่าจะต่อเลยเข้ามาในแอ่งที่ราบภาคกลางตอนล่าง และผ่านกรุงเทพฯ มีธรรมชาติและประวัติเช่นเดียวกับรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี (แม่ปิง) จากการหาอายุโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนส์พบว่ารอยเลื่อนนี้เลื่อนตัวครั้งสุดท้ายเมื่อ 5.5 ล้านปีมาแล้ว

3. *เขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ (Three Pagoda Fault Zone)* ภาพจากดาวเทียม (รูป 4.5.1) เห็นเพียงส่วนที่ต่อเลยเข้าไปในพม่า เป็นเขตรอยเลื่อนทางด้านตะวันตกของประเทศไทยที่สำคัญอีกแนวหนึ่ง มีความยาว 200 - 250 กม. มีการวางตัวเกือบขนานกับแนวรอยเลื่อนแม่ปิง (เมย-อุทัยธานี) และอาจเป็นแนวต่อจากปลายแนวรอยเลื่อนพานหลวง (พานหลวง) ในเขตประเทศพม่า เข้าสู่เขตประเทศไทยตามแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ผ่านด้านเจดีย์สามองค์ ในเขตอำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี และพาดผ่านตามแนวลำแม่น้ำแควน้อย ผ่านชั้นหินมหายุคพาสิโอโซอิก และมีโซโซอิก และเชื่อว่าผ่านเข้ามาทางจังหวัดราชบุรี ต่อกันไปถึงอ่าวไทย 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 และถึงบางวิธีที่บ่งว่าอาจเพียงแค่ 12,000 ปีที่ผ่านมเท่านั้นเอง (ชัยยันต์ หินทอง, 2538)

ข. รอยเลื่อนในเขตภาคเหนือ

1. *เขตรอยเลื่อนเชียงรายหรือเชียงแสน หรือรอยเลื่อนแม่จัน (Chiang Rai หรือ Chiang Saen หรือ Mae Chan Fault Zone)* จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 4.5.4) ประกอบด้วยกลุ่มรอยเลื่อนต่าง ๆ เช่นรอยเลื่อนแม่จัน จังหวัดเชียงราย และรอยเลื่อนคอยเกี้ยว อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และเป็นส่วนหนึ่งของชุดรอยเลื่อนซึ่งรวมความยาวอย่างน้อย 200 กม. ต่อเลยขึ้นไปทางเหนือในพม่า ลาว และยูนนาน จะพบแนวรอยเลื่อนขนาดความยาวกว่ารอยเลื่อนเชียงราย (250 - 300 กม.) วางตัวเกือบขนานกับรอยเลื่อนเชียงราย เช่นรอยเลื่อนมอเมียก (Momeik) เกียวมี (Kyaukme) และมานสาม (Mansam)

แนวรอยเลื่อนกลุ่มนี้อยู่ในทิศทางเกือบตะวันตก-ตะวันออก แต่เอียงลงทางใต้ และขึ้นทางเหนือเล็กน้อย โดยทางใต้ได้ผ่านตั้งแต่แอ่งอำเภอฟ่าง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีแนวเหนือใต้ แหล่งน้ำพุร้อนแม่จัน จังหวัดเชียงราย และเลาะตามความยาวแม่น้ำกกช่วงเหนือ (ในแนวเกือบตะวันออก-ตะวันตก) และเนินขึ้นไปทางทิศเหนือสู่ประเทศลาว เข้าใจว่ารอยเลื่อนนี้น่าจะเกิดมาครั้งแรกในตอนยุคเทอร์เชียรี และตัดผ่านชั้นหินแกรนิตยุคไทรแอสซิกเป็นส่วนใหญ่ ประวัติการเคลื่อนตัวปรากฏว่าในช่วงปัจจุบันกำลังเคลื่อนตัวแบบซ้ายเข้า (Left-lateral fault) เป็นรอยเลื่อนที่น่าสนใจอีกรอยหนึ่งในแง่แผ่นดินไหว (ดูรายละเอียดในบทถัดไป)

2. *เขตรอยเลื่อนแม่สะเรียง หรือรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน (Mae Sariang หรือ Mae Hongson Fault Zone)* จากภาพดาวเทียม (รูป 4.5.19) มีความยาวประมาณ 200 กม ทอดตัวไปตามทิศเหนือ-ใต้ ในทางใต้สุดเริ่มตั้งแต่บริเวณบ้านท่าสองยาง อำเภอสองยาง จังหวัดตาก ซึ่งคาดคิดว่าน่าจะแยกออกจากรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ขึ้นไปทางเหนือผ่านอำเภอแม่สะเรียง อำเภอขุนยวม ของจังหวัดแม่ฮ่องสอน ส่วนใหญ่หินมหายุคมีโซโซอิกจะถูกเลื่อนออกจากหินมหายุคพาลีโอโซอิก 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(รูป 4.5.19) รอยเลื่อนแม่ทาเป็นรอยเลื่อนรูปโค้งแต่โดยเฉลี่ยวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ มีความยาวอย่างน้อย 150 กม เริ่มจากบริเวณอำเภอแม่ฮาดทางตอนเหนือ ผ่านลงไปในเขตอำเภอพร้าว จนถึงเขตตะวันออกของอำเภอดอยสะเก็ด อำเภอสันกำแพง จังหวัดเชียงใหม่ แล้ววกลงมาทางตะวันตกเฉียงใต้ตามแนวลำน้ำแม่ทาลำพูน จังหวัดลำปางผ่านชั้นหินมหายุคไทรแอสซิกตอนกลางถึงตอนปลาย และหินแกรนิตยุคไทรแอสซิก ปัญหา จารุศิริและคณะ (2538) ได้เสนอว่าการคดโค้งของรอยเลื่อนแม่นี้น่าจะเกิดมาจากแรงอัดหรือเค้น และการไหวตัวหลายครั้งที่มีทิศหรือแนวรอยแตกในทิศต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการเปลี่ยนทิศทางของแรงที่ทำให้เกิดรอยเลื่อนนี้ จากการหาอายุโดยวิธีเทอร์โมลูมิเนสเซนส์พบว่าครั้งสุดท้ายมีการมีการเคลื่อนตัวเมื่อประมาณ 0.77, 0.42, 0.31 และ 0.19 ล้านปีตามลำดับ

4. *เขตรอยเลื่อนแพร่ - เถิน (Phrae - Thoen Fault Zone)* จากลักษณะที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียม (รูป 4.5.25) บ่งบอกว่าเขตรอยเลื่อนนี้เมื่อรวมกันแล้วยาวประมาณ 200 กม จัดว่าเป็นเขตรอยเลื่อนที่กว้างพอสมควร (เกือบ 50 กม) วางตัวอยู่ในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้และอาจต่อเลยไปถึงรอยเลื่อนแม่จันได้จากขอบแอ่งด้านตะวันออกของแอ่งลำปาง ที่อำเภอเถิน จนถึงแอ่งแพร่ ที่อำเภอลอง รอยเลื่อนนี้ทำให้เกิดแนวหน้าผาดตรงในทิศตะวันออกเฉียงเหนือระหว่างตะกอนน้ำพารูปพัดกับหินยุคไทรแอสซิก ต่อแนวออกไปทางตะวันออกเฉียงเหนือ คล้ายกับว่าอาจต่อเข้าด้วยกันกับแนวรอยเลื่อนเทียนฟู (Dien Bien Phu Fault Zone) ซึ่งผ่านบริเวณเมืองไชยบุรี และเมืองหลวงพระบางในประเทศลาว และต่อขึ้นไปจนเข้าทางตอนเหนือของประเทศเวียดนาม เชื่อกันว่ารอยเลื่อนเกิดจากการบีบรัด และคลายตัวของเขตของโค้งสุโขทัย และเชื่อกันว่าเป็นรอยเลื่อนขวาเข้า (ชัยยันต์ หินทอง, 2534) แต่ปัจจุบัน

น่าจะกำลังเคลื่อนตัวไปทางซ้ายมุมสูง ตามเหตุผลทางธรณีวิทยาแปรสัณฐานทำให้เกิดการยกตัวในยุคปัจจุบัน ซึ่งสามารถบ่งชี้ได้จากการกระจายตัวของหินบะซอลต์ จากการศึกษาอายุการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อนกลุ่มนี้ โดยชัยยันต์ หินทอง (2538) พบว่ามีการเคลื่อนตัวอย่างน้อย 3 ครั้ง คือ 0.49, 0.21 และ 0.16 ตามลำดับ การเคลื่อนตัวสามารถบ่งชี้ได้จากลักษณะรอยเลื่อนเล็ก ๆ จำนวนมากที่ตัดเฉือนทับยุค โพลีโอ-โพลสโตซีน ระหว่าง อำเภอแม่ทา & อำเภอถอง

5. **เขตรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ หรือรอยเลื่อนน้ำปาด (Uttaradit หรือ Nam Pat Fault Zone)** เป็นรอยเลื่อนที่วางตัวในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 4.5.25) มีจุดเริ่มต้นต่อมาจากรอยเลื่อนเดียนเบียนฟูดังกล่าวแล้ว ผ่านเมืองไชยบุรี ประเทศลาว เข้ามาตามแนวลำน้ำปาด และเชื่อว่าน่าจะต่อเข้าไปในแอ่งเจ้าพระยาตอนบน บริเวณจังหวัดสุโขทัย และเขตอำเภอลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร รวมความยาวทั้งหมด 300 กม แต่ถ้าวัดไปถึงประเทศลาวด้วยความยาวถึง 550-600 กม เป็นรอยเลื่อนขวาเข้าและมีประวัติเคลื่อนตัวไปทางขวาในช่วงยุคเทอร์เชียรี เข้าใจว่ารอยเลื่อนอุตรดิตถ์อาจเป็นรอยเลื่อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลการชนกันของจุลทวีปชานไทย และอินโดจีน่าตอนปลายยุคไทรแอสซิก (Charusiri และคณะ, 1993) แต่ปัจจุบันเคลื่อนไหวตามแนวระนาบทางซ้ายในช่วงยุคควอเทอร์นารี ตามเหตุผลดังกล่าวเช่นที่เกิดกับกลุ่มเขตรอยเลื่อนแพร่-เงิน

นอกจากนี้ยังมีรอยเลื่อนวังเหนือ (Wang Nua Fault) ซึ่งเป็นรอยเลื่อนขนาดเล็กเฉียงเข้าไปทางตะวันตกและวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ สังเกตเห็นได้ตามแนวถนนหรือฝั่งตะวันออกของอำเภอวังเหนือซึ่งตัดเดือนหินยุคเทอร์เชียรี และชั้นกรวด รอยเลื่อนนี้อาจจัดเป็นกลุ่มรอยเลื่อนทางตะวันออกของแม่น้ำวัง

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

4.4 ลักษณะโครงสร้างและรอยเลื่อนบริเวณอื่น ๆ

ก. รอยเลื่อนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

1. **เขตรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ (Phetchabun Fault Zone)** จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม(รูป 4.5.24) รอยเลื่อนนี้เป็นรอยเลื่อนสายสั้น ๆ วางตัวในแนวเหนือ-ใต้ แต่ต่อกันแล้วยาวถึง 250 กม เลาะตามแนวขอบที่ราบสูงโคราช เริ่มจากทางเหนืออาจมีแนวต่อกับกลุ่มรอยเลื่อนอุตรดิตถ์ (น้ำปาด) ที่เมืองปากลายในประเทศลาว ผ่านลงทางตะวันตกของอำเภอภูเรือ จังหวัดเลย มาจังหวัดเพชรบูรณ์ ตามแนวแม่น้ำป่าสักจนถึงบริเวณจังหวัดสระบุรี แอ่งเพชรบูรณ์ ลุ่มน้ำป่าสักเกิดจากอิทธิพลของเขตรอยเลื่อนนี้ ซึ่งตัดผ่านชั้นหินกลุ่มหินโคราชมหายุคมีโซโซอิก และกลุ่มหินสระบุรียุคเทอร์เชียรี ในแนวทิศทางธรณีแปรสัณฐาน กลุ่มรอยเลื่อนเพชรบูรณ์ น่าจะมีการเคลื่อนตัวลักษณะขวาเข้า และอาจเป็นสาขาหนึ่งของรอยเลื่อนเดียนเบียนฟูในเวียดนามตอนเหนือ

2. *เขตรอยเลื่อนนครพนม (Nakhon Phanom Fault Zone)* เขตรอยเลื่อนนี้ยาวมากกว่า 100 กม มีแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พาดผ่านขอบที่ราบสูงโคราช ผ่านจังหวัดนครพนม ตัดชั้นหินมหายุคมีโซโซอิก หรือกลุ่มหินโคราช ลักษณะการวางตัวของรอยเลื่อนนี้คล้ายคลึงกับรอยเลื่อนนครพนม พาดผ่านเทือกเขาภูพานตัดผ่านชั้นหินมหายุคมีโซโซอิก บนเทือกเขาภูพาน และมีการเคลื่อนไหวปัจจุบันเป็นรอยเลื่อนระนาบขวาเข้า ด้วยเหตุผลทางเทคนิกเช่นเดียวกับที่ได้อธิบายแล้ว คือแผ่นทวีปซันดา (Sundaland) หมุนตัวตามเข็มนาฬิกา ในขณะที่แผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนเข้าไปชนทวีปเอเชียจนเกิดที่ราบสูงทิเบต

3. *เขตรอยเลื่อนภูพาน (Phu Phan Fault Zone)* ลักษณะและแนวการวางตัวของรอยเลื่อนนี้คล้ายคลึงกับรอยเลื่อนนครพนม พาดผ่านเทือกเขาภูพานตัดผ่านชั้นหินมหายุคมีโซโซอิก บนเทือกเขาภูพาน และมีการเคลื่อนไหวเป็นแบบรอยเลื่อนตามแนวระนาบขวาเข้าเช่นกันมีความยาวสั้นๆ ต่อกันอาจถึง 200 กม

ข. รอยเลื่อนในเขตที่ราบภาคกลาง

1. *เขตรอยเลื่อนแม่ปิง (Mae Ping Fault Zone)* (ดูรูป 4.5.14 ประกอบ) ช่วงปลายรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานีแยกออกไปทางตะวันออกเฉียงใต้ เริ่มตั้งแต่บริเวณจังหวัดตาก เลาะแนวด้านตะวันตกของแม่น้ำปิง ผ่านจังหวัดกำแพงเพชร พุ่งผ่านที่ราบภาคกลางตอนบนถึงบริเวณจังหวัดนครสวรรค์ ต่อจากนั้นจึงเบี่ยงลงทางตะวันออกเฉียงใต้ ต่อลงมาจนถึงประมาณอำเภอตากฟ้า

2. *เขตรอยเลื่อนเจ้าพระยา (Chao Praya Fault Zone)* อยู่ระหว่างแนวรอยเลื่อนแม่ปิง ซึ่งแยกออกไปในแนวค่อนข้างตะวันออกเฉียงใต้ และรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ซึ่งมีแนวค่อนข้างทางทิศใต้ มีเขตรอยเลื่อนในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ในแนวยาวพาดผ่านบริเวณจังหวัดชัยนาท ลงมาถึงประมาณจังหวัดนครนายก เขตอำเภอองครักษ์ และเชื่อว่ายังมีแนวต่อไปทางเขตปราจีนบุรี เบี่ยงไปทางตะวันออกเฉียงเล็กน้อย ถึงจังหวัดสระแก้ว

3. *เขตรอยเลื่อนแควใหญ่ (Quae Yai Fault Zone)* เป็นแนวรอยเลื่อนที่ต่อเลยมาจากรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ แต่แยกแขนงผ่านไปตามแนวขนานกับแม่น้ำแควใหญ่ ไปถึงจังหวัดกาญจนบุรี แล้วตามลำน้ำแม่กลองในแนวตะวันออกเฉียงใต้ผ่านกรุงเทพฯ ทิศทางและประวัติการเคลื่อนตัวคล้ายกับรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์

4. *เขตรอยเลื่อนแควน้อย (Quae Noi Fault Zone)* เป็นแนวสาขาของรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ ซึ่งขนานมากับแม่น้ำแควน้อยแล้วเลยผ่านเขตจังหวัดราชบุรี ต่อเลยมาทางตะวันออกเฉียงใต้ผ่านอ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร ประวัติและทิศทางเคลื่อนตัวคล้ายกับรอยเลื่อนด้านเจดีย์สามองค์

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

นอกจากนั้นในที่ราบภาคกลางยังมีรอยเลื่อนในแนวเหนือ-ใต้ และเป็นรอยเลื่อนปกติอีกหลายแนว ได้แก่ แนวตามลำแม่น้ำท่าจีน แม่น้ำเจ้าพระยา และที่เลยต่อไปในอ่าวไทยด้วย ส่วนใหญ่เกิดจากแรงแปรสัณฐานซึ่งเป็นผลมาจากการเกิดแอ่งสะสมชั้นหินยุคเทอร์เชียรี ภายหลังการชนกันเองของแผ่นทวีปอินเดียกับแผ่นทวีปเอเชียดังกล่าวแล้ว ทำให้รอยต่อมุดตัวของแผ่นมหาสมุทรอินเดียมุดเฉลปไปด้วย แทนที่จะมุดตรง ๆ ลงไปใต้ทวีปซันดา ซึ่งมีผลทำให้ทวีปหมุนตัวไปตามเข็มนาฬิกาเกิดแรงเฉือนคู่ขนานตามแนวทิศทางรอยเลื่อนแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ แต่มีแรงดึงตั้งฉากกับพื้นผิวโลกจึงทำให้เปลือกโลกส่วนภาคกลางเปิดออกกลายเป็นช่อง ๆ บล็อก ๆ ให้ตะกอนสะสมตัวในแอ่งไปพร้อม ๆ กันตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรีเรื่อยมา รวมทั้งในอ่าวไทยด้วย แต่การเคลื่อนไหวด้านระนาบยังพอมืออยู่และส่วนใหญ่เป็นการเลื่อนแบบขวาเข้าแทบทั้งสิ้น

ค. รอยเลื่อนในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เขตรอยเลื่อนระยองหรือแกลง (Rayong หรือ Klaeng Fault Zone) ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนต่าง ๆ ความยาวไม่มากนัก (ไม่เกิน 50 กม) ในบริเวณคลองประแส คลองโตนด และคลองพะวาใหญ่ ที่วางตัวเกือบขนานในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ วางตัวตามคลองโตนดตามทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ต่อไปจนถึงบริเวณอ่าวเกาะน้ำ อำเภอบ้านฉาง จังหวัดจันทบุรี ทำให้หินมหายุคพรีแคมเบรียน แยกออกจากหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน ที่คลองประแส และหินยุคโทรแอสซิก สัมผัสกับหินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ที่คลองโตนด ในมหายุคซีโนโซอิก มีการเคลื่อนตัวระนาบขวาเข้า เข้าใจว่าในปัจจุบันน่าจะเป็นแนวรอยเลื่อนที่ต่อเลยมาจากรอยเลื่อนแม่ปิง โดยผ่านไปในเขตลุ่มน้ำเจ้าพระยา โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากแผนที่บินสำรวจทางอากาศ

ง. รอยเลื่อนเขตภาคใต้

แม้จะไม่มีข้อมูลภาพจากดาวเทียมอย่างครบถ้วนแต่จากการศึกษาในภาคสนามจากคณะผู้วิจัยและจาก Charusiri (1989) ทำให้พบรอยเลื่อนใหญ่ ๆ 4 แนวคือ

1. เขตรอยเลื่อนระนอง (Ranong Fault Zone) จากข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม(รูป 4.5.23) รอยเลื่อนนี้ยาวถึง 250 กม วางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ประกอบด้วยรอยเลื่อนเป็นกลุ่มแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างขนานกันไปจากทะเลอันดามัน จังหวัดระนอง จนถึงอ่าวไทยทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ที่บริเวณจังหวัดชุมพร และจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ หินต่าง ๆ ที่ถูกอิทธิพลของรอยเลื่อนนี้ คือ หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียนเป็นส่วนใหญ่(หินหมวดแก่งกระจาน) ลักษณะของรอยเลื่อนเป็นกลุ่มที่เคยมีประวัติการเคลื่อนตัวระนาบขวาเข้าก่อนยุคเทอร์เชียรี หลังจากนั้นในมหายุคซีโนโซอิกจนถึงปัจจุบันมีการเคลื่อนตัวระนาบซ้ายเข้า เนื่องด้วยสาเหตุแผ่นทวีปอินเดียเคลื่อนเข้าไปชนแผ่นทวีปเอเชียดังกล่าวแล้ว

2. *เขตรอยเลื่อนคลองมะรุ่ย (Klong Marui Fault Zone)* เป็นเขตรอยเลื่อนที่ปรากฏชัดในภาพจากดาวเทียม (รูป 4.5.20) ซึ่งมีความยาวถึง 300 กม วางตัวในแนวเกือบขนานรอยเลื่อนระนองและเชื่อว่าปัจจุบันทิศทางการเคลื่อนตัวของเขาเช่นเดียวกับเขตรอยเลื่อนระนอง แผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างเริ่มจากจังหวัดภูเก็ต เกาะยาว จังหวัดพังงา ในบริเวณอ่าวพังงาของทะเลอันดามัน ทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ พาดไปถึงจังหวัดสุราษฎร์ธานี ทางอ่าวไทยทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นรอยเลื่อนที่แยกหมวดหินแก่งกระดานยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน ออกจากหินยุคเพอร์เมียน และชุดหินในมหายุคมีโซโซอิก ยังพบว่าสาขาที่วางตัวอยู่ในแนวเดียวกับทางตะวันออก ได้แก่ รอยเลื่อนกระบี่ รอยเลื่อนคลองท่อม และรอยเลื่อนกันตัง ในช่วงยุคเทอร์เชียรีมีการเคลื่อนตัวไปทางขวา แต่หลังจากนั้นในมหายุคซีโนโซอิก จนถึงปัจจุบันเคลื่อนตัวไปทางซ้ายด้วยเหตุผลเช่นเดียวกับที่รอยเลื่อนระนองเคลื่อนตัวดังกล่าวแล้ว

3. *เขตรอยเลื่อนยะลา หรือปัตตานี หรือรอยเลื่อนเบนตง (Pattani หรือ Bentong Fault Zone)* คือ รอยเลื่อนที่ต่อขึ้นมาจากประเทศมาเลเซียตามแนวเหนือ-ใต้ จากเมืองเบนตง (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 ถูกเลื่อน และดันขึ้นไปสัมผัสกับหินไนส์ของมหายุคพรีแคมเบรียน 4) *รอยเลื่อนลานสาง* บริเวณตะวันตกของจังหวัดตาก ที่อำเภอลานสาง หินไนส์มหายุคพรีแคมเบรียนจะถูกดันไปวางทับบนหินยุคไซลูเรียน-ดีโวเนียน 5) *รอยเลื่อนทับทรวง* บริเวณเทือกเขาภูพาน ตำบลทับทรวง อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี หมวดหินภูเพชยุคเพอร์เมียนตอนต้น ถูกเลื่อนดันไปวางทับบนหมวดหินซับบอนยุคเพอร์เมียนตอนกลางถึงตอนปลาย และ 6) *รอยเลื่อนแหลมไทย* ระหว่างจังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดตรัง หินยุคคาร์บอนิเฟอรัส ถึงหินยุคจูแรสซิก ถูกอัดดันให้ไปสัมผัสกับหินยุคแคมเบรียน ออร์โดวิเซียน และหินดีโวเนียน

ในอดีตมีผู้ให้ความสนใจรอยเลื่อนมีพลังและรอยเลื่อนธรณีนํ้าไหว้น้อยมาก เนื่องจากไม่เป็นที่รู้จักและให้ความสำคัญ ยกเว้นที่มีผู้ศึกษาอยู่บ้าง เช่น Nutalaya และคณะ (1985) Chuaviroj (1992) และชัยยันต์ หินทอง (2538) แต่ก็ยังต้องมีการศึกษาในรายละเอียดให้มากกว่านี้ ในปัจจุบันยังไม่มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่สนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างรอยเลื่อนนี้ปรากฏบนผิวโลกกับแผ่นดินไหวในประเทศไทย ซึ่งอาจเป็นเพราะหลายสาเหตุ เช่น รอยเลื่อนนี้ปรากฏบนผิวโลกถูกทำลายจนหมด อัตราการเคลื่อนคงน้อยมากจนสังเกตไม่ได้ อัตราการสูกังสลายตัวของหินสูงมาก เนื่องจากสภาพภูมิศาสตร์ร้อนชื้น

แบบบ้านเรา ยกเว้นบริเวณที่มีความแข็งแรงของหินสูง ประการสุดท้ายก็คือปัจจุบันยังขาดการศึกษากันอย่างจริงจัง อย่างไรก็ตาม ชัยยันต์ หินทอง (2538) ได้พบว่าปัจจุบันมีรอยเลื่อนที่มีหรืออาจมีพลังจำนวนทั้งสิ้น 22 แนว และมี 11 แนว วางตัวอยู่ในภาคเหนือ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

โครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหว

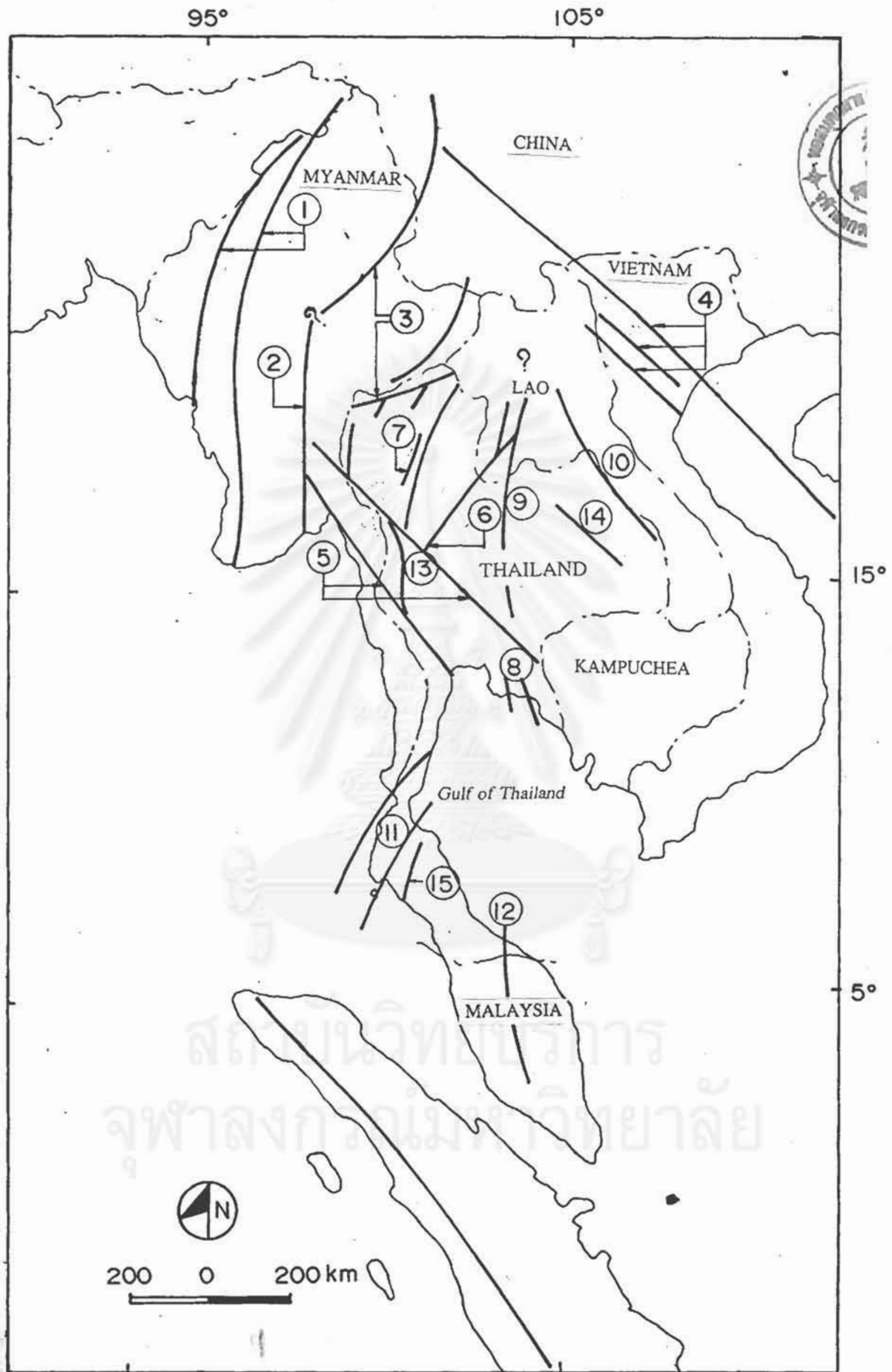
จากแนวคิดที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 4 และ 5 โดยเฉพาะในเรื่องข้อมูลแผ่นดินไหว และโครงสร้างทางธรณีวิทยาของประเทศไทย และบริเวณข้างเคียง ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายเทียม และข้อมูลธรณีวิทยาอ้างอิง ทำให้พอสรุปลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่สัมพันธ์กับแผ่นดินไหวอย่างกว้าง ๆ ได้เป็น 2 บริเวณตามลักษณะทางการแปรสัณฐาน และภูมิศาสตร์ คือ 1) บริเวณที่เกิดอยู่ในทะเล และ 2) บริเวณที่เกิดอยู่บนทวีป แผ่นดินไหวที่เกิดอยู่ในทะเลอาจเป็นผลสำคัญเนื่องมาจากการผันแปรแผ่นเปลือกโลกส่วนมหาสมุทร (Oceanic lithosphere) ซึ่งได้แก่การเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลกใต้มหาสมุทรอันดามันในบริเวณหมู่เกาะอันดามันนิโคบาร์ และเคลื่อนผ่านกันของแผ่นสันสมุทรอันดามัน ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่แสดงรายละเอียดของบริเวณที่เกิดในทะเลเนื่องจากข้อมูลด้านธรณีวิทยามีอยู่อย่างจำกัด แต่จะให้ความสำคัญกับแผ่นดินไหวที่เกิดอยู่บนทวีปที่คาดคิดว่าจะจะเป็นผลมาจากการผันแปรเปลือกโลกส่วนทวีป (Continental lithosphere) ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ กลุ่มรอยเลื่อนใหญ่ ๆ ทั้งหลายในประเทศไทย และประเทศข้างเคียง ซึ่งพอจัดเป็น 7 กลุ่มใหญ่ ๆ ซึ่งภาพรวม ๆ ของกลุ่มรอยเลื่อนทั้ง 7 กลุ่มนี้ได้แสดงไว้ในรูป 5.1

รอยเลื่อนที่สำคัญ คือ

- 1). กลุ่มรอยเลื่อนเทือกเขาอินโด-พม่า (Indo-Burman Ranges)
- 2). กลุ่มรอยเลื่อนสะแกียง-ปานหลวง-ตวงกุก (Sagaing-Panluang-Taunggui Fault Zone)
- 3). กลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เป่าซาน-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-อุตรดิตถ์ (Dien Bien Fu-Luang Prabang-Phrae-Thoen-Uttaradit)
- 7). กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม (Mae Tha-Mae Rim Fault Zone)

5.1 กลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง

กลุ่มรอยเลื่อนมีพลัง หรือที่เรียกกันว่า Active Fault นั้นในที่นี้หมายถึงกลุ่มรอยเลื่อนที่ปัจจุบันยังมีการเคลื่อนไหวอยู่มีการสะสมพลังงานไว้อย่างต่อเนื่องซึ่งจัดว่าเป็นรอยเลื่อนที่ในอดีตเคยมีการไหวตัวและน่าจะมีการไหวตัวเกิดขึ้นอีกได้ในอนาคต แต่การไหวตัวดังกล่าวนี้ครั้งต่อไปขนาดจะเป็นเท่าใดและเมื่อใดยังเป็นการยากที่จะระบุได้ในปัจจุบัน รอยเลื่อนที่สำคัญได้แก่



รูป 5.1 กลุ่มรอยเลื่อนที่สำคัญบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในการศึกษารังนี้

ACTIVE FAULT ZONE

1	Indo-Burman Ranges
2	Sagaing - Panluang - Taunggui
3	Nanting - Paosan - Chiang Rai
4	Red, Ma, Da River
5	Mae Sariang-Mae Ping-Three Pagoda
6	Dien Bien Fu - Luang Prabang -Phrae - Thoen - Uttaladit
7	Mae Tha - Mae Rim

INFERRED INACTIVE FAULT ZONE

8	Rayong - Klaeng
9	Loei - Phetchabun
10	Takak - Nakhon Phanom
11	Ranong - Klong Marui
12	Yala - Pattani-Bentong
13	Sri Sawat
14	Phu Phan
15	Krabi - Surat

1) กลุ่มรอยเลื่อนเทือกเขา
อินโด-พม่า

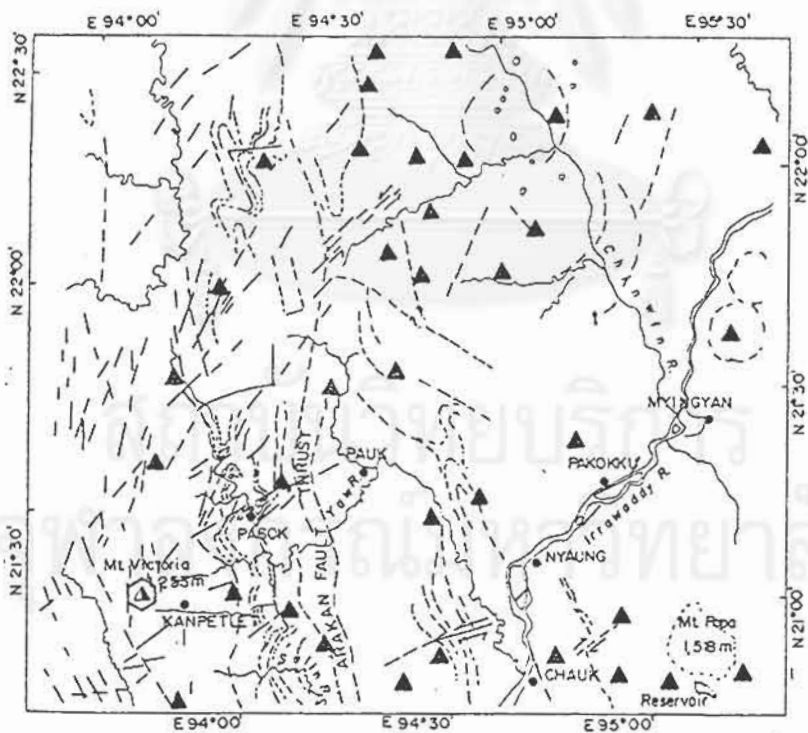
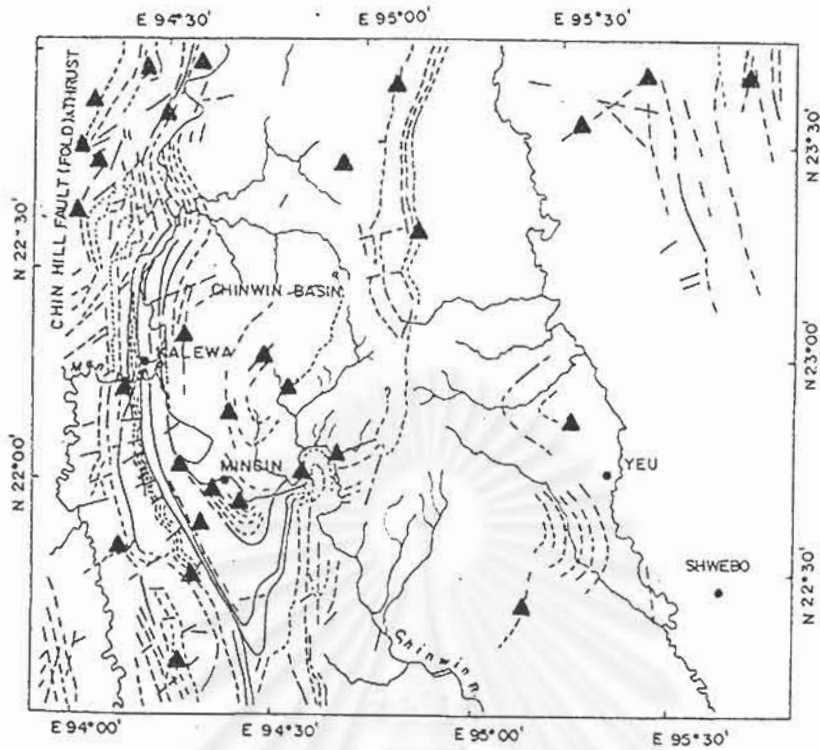
ข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 5.2) พบว่ารอยเลื่อนย้อนกลับทิศตะวันออก ของเทือกเขาซึ่งเป็นแนวยาวในทิศเหนือ-ใต้ จนถึงลุ่มน้ำอิระวดีฝั่งตะวันตกและจากข้อมูลแผ่นดินไหวรวมทั้งข้อมูลธรณีแปรสัณฐานสามารถยืนยันเป็นหลักฐานได้ว่ารอยเลื่อนนี้เป็นรอยเลื่อนมีพลัง (Active fault) โดยที่รอยเลื่อนดังกล่าวเป็นตัวการก่อให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (6 -6.9 ริกเตอร์) อย่างน้อย 13 ครั้ง และ 4 ครั้ง ที่มีขนาดใหญ่มาก >7 ริก-เตอร์) เมื่อ 16 ศ.ศ. 2481, ขนาด 7.2, 1 ก.ศ. 2500, ขนาด 7.3, และ 21 มี.ค. 2497 ขนาด 7.4, และ 8 ก.ศ. 2461 ขนาด 7.6) และเมื่อรวมกับแผ่นดินไหวที่ไม่ทราบขนาดผนวกกับที่มีขนาดเล็กกว่า 6 ริกเตอร์ มีมากถึง 360 ครั้ง (ขนาด 3-6 ริกเตอร์)

2) กลุ่มรอยเลื่อนสะกาย-
ปานหลวง-ดวงกุย

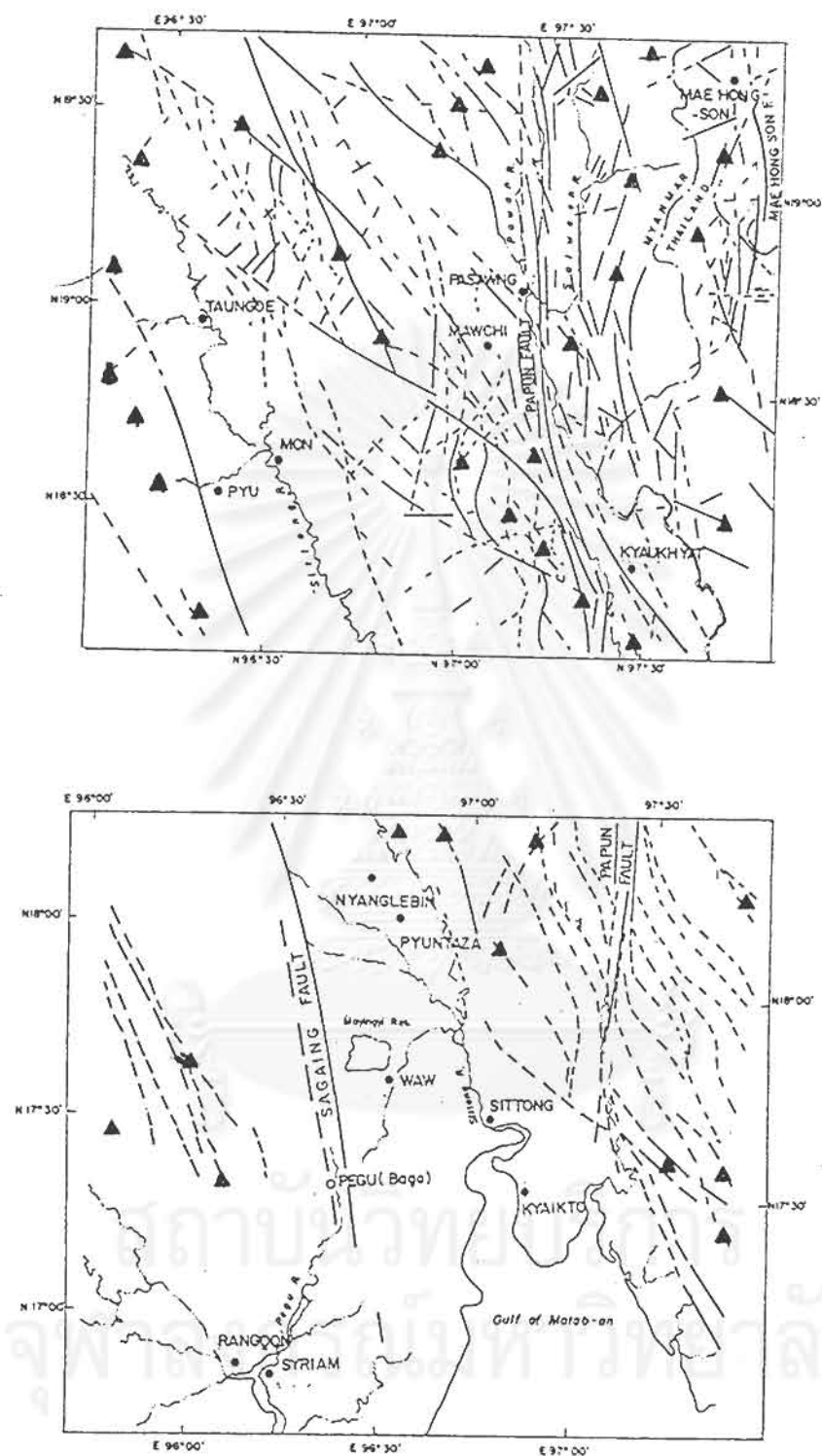
ข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป 5.3) พบว่ากลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นรอยระนาบขวาเข้าครอบคลุมอาณาบริเวณตั้งแต่ฝั่งด้านตะวันออกของแม่น้ำอิระวดีซึ่งครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของที่ราบภาคกลางของพม่าจนถึงฝั่งตะวันตกของแม่น้ำสะโตง จากข้อมูลแผ่นดินไหวพบว่าแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ (> 7 ริกเตอร์) อย่างน้อย 4 ครั้ง (15 พ.ศ. 2473, 7.3; 3 ธ.ศ. 2473, 7.3, ; 23 พ.ศ. 2455, และ 12 ก.ย. 2489, 7.8) และที่มีขนาดน้อยกว่า 6 ประมาณ 74 ครั้ง และไม่ทราบขนาดอีก 15 ครั้งหรือรวมทั้งหมด 94 ครั้ง (3-6 ริกเตอร์)

3) กลุ่มรอยเลื่อนน่านติง-
เป่าซาน-เซียงราย

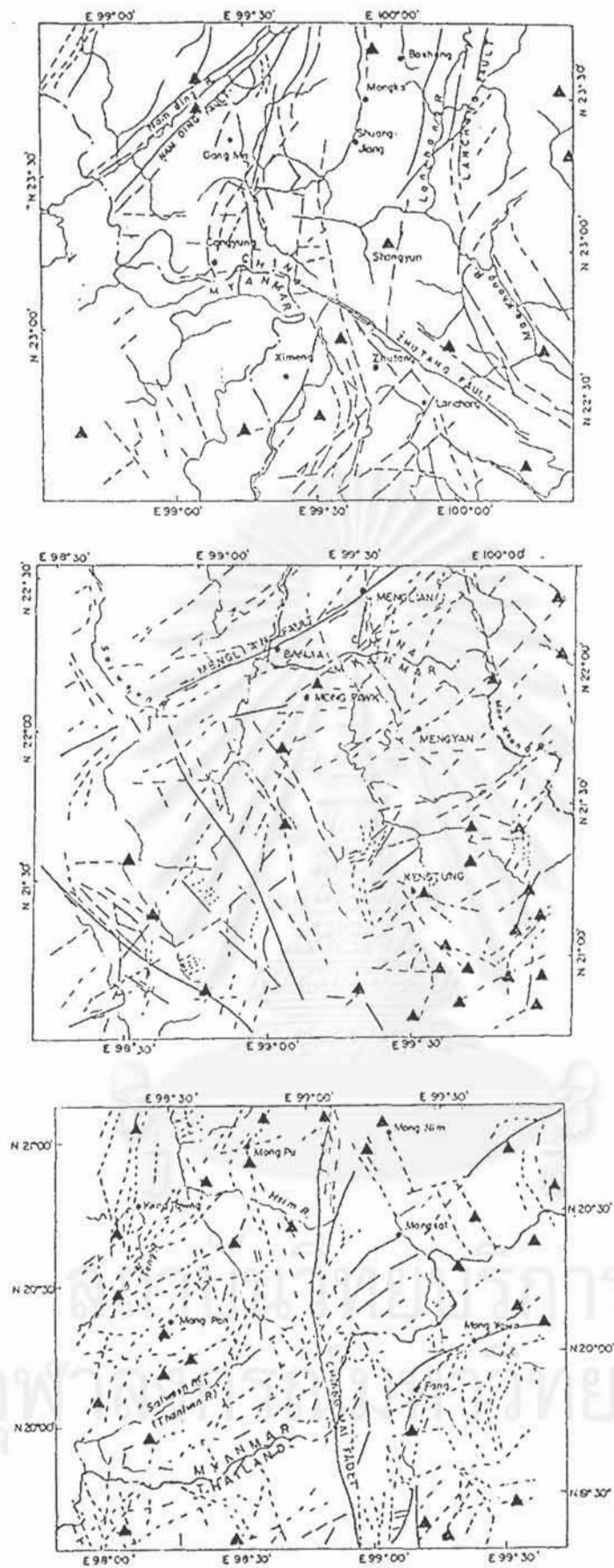
ข้อมูลภาพจากดาวเทียม(รูป 5.4)พบว่าเป็นกลุ่มรอยเลื่อนใหญ่ที่วางตัวในแนว เกือบตะวันออก-ตะวันตก จากข้อมูลแผ่นดินไหวเป็นที่คาดคิดว่าน่าจะเป็นแนวรอยเลื่อนที่ยังมีพลังอยู่ แม้ความรุนแรงของการเกิดแผ่นดินไหว จะยังไม่มาก ปรากฏที่มีความรุนแรงมาก(เกินกว่า 6 ริกเตอร์) 6 ครั้ง(16 ม.ค. 2468, 7.1 ; 29 พ.ศ. 2519, 7.0 ; 2 มี.ย. 2466, 7.3 ; 6 พ.ย. 2431, 7.3 ; 26 ธ.ศ. 2484, 7.0 และ 2 ก.พ. 24 93, 7.0) จากข้อมูลทางสถิติพบว่าบริเวณนี้เกิดแผ่นดินไหวทั้งหมด 75 ครั้ง และครั้งสุดท้าย



รูป 5.2(ต่อ) แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเทือกอินโด-พม่า และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)



รูป 5.3 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนสะเทียง-ปานหลวง-ดวงกุย และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ (▲)



รูป 5.4 แผนที่แนวเส้น โครงสร้าง(limeament map)แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนนานติง-เป่าซาน-เชียงราย และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ๆ (▲)

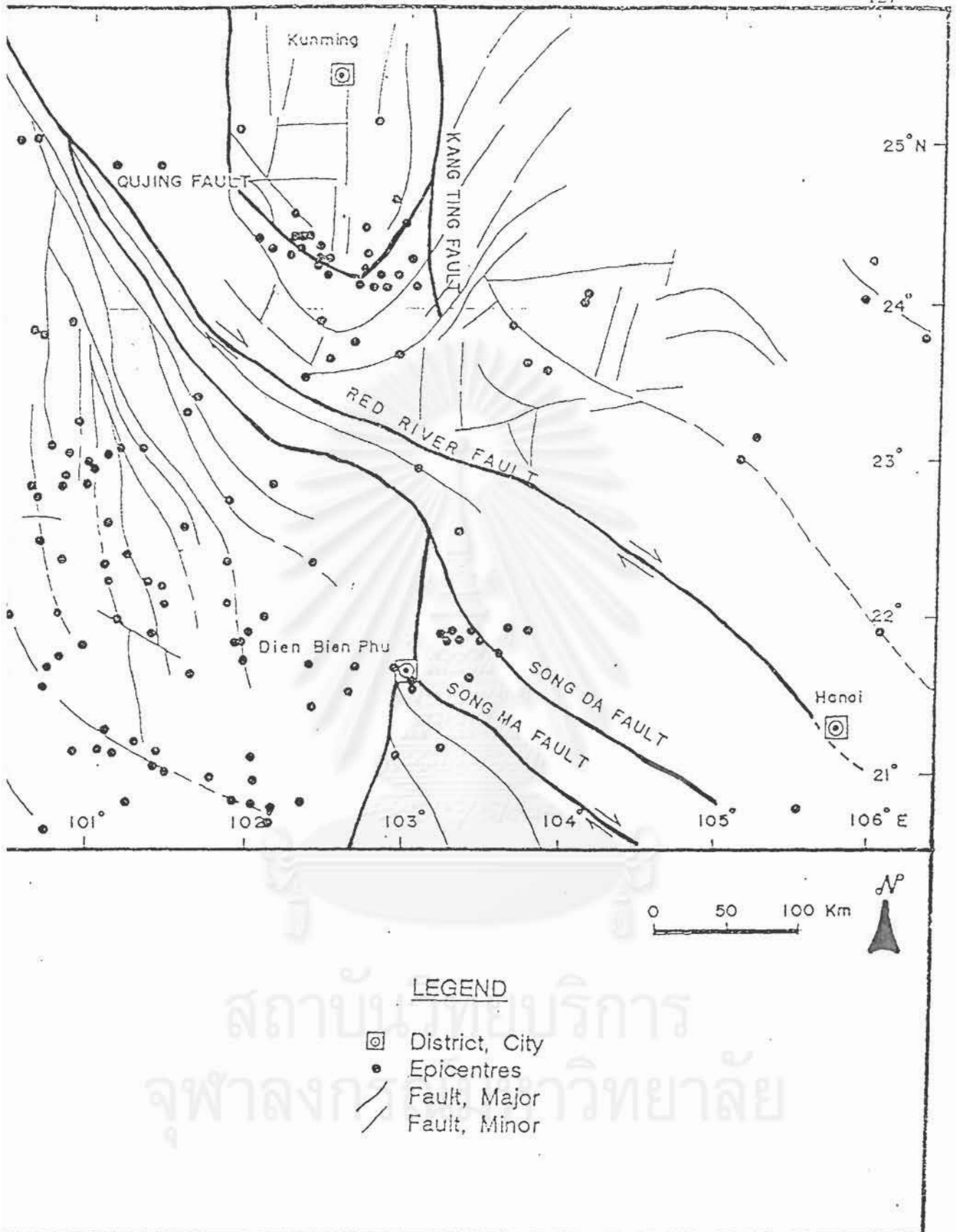
ก็เกิดมีความรุนแรงถึง 6.9 และการไหวตัวในครั้งนั้นทำให้มีผู้เสียชีวิตถึงสองหมื่นคน ซึ่งกลุ่มรอยเลื่อนนี้นับว่ามีความสำคัญมากที่สุดกลุ่มหนึ่งในปัจจุบันเพราะเมื่อติดตามทฤษฎีธรณีวิทยาแปรสัณฐานเมื่อแผ่นทวีปอินเดียเข้าชนแผ่นทวีปเอเชียอาจทำให้แผ่นทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เกิดการหมุนตัวตามเข็มนาฬิกา ซึ่งพบว่าแนวรอยเลื่อนบริเวณนี้เป็นจุดอ่อนตัวที่สุดของแผ่นทวีปเดิม โอกาสที่จะเคลื่อนตัวหรือไหวตัวจนเกิดการส่งผ่านคลื่นแผ่นดินไหวเป็นไปได้มาก ดังนั้นในประเทศไทยบริเวณที่ควรทำการศึกษาให้ละเอียดก็คือรอยเลื่อนเชิงทราย (ซึ่งน่าจะมีการทดสอบหาอายุรอยเลื่อนนี้ด้วย)

4) กลุ่มรอยเลื่อนแม่น้ำแดง-
น้ำมา-น้ำตา

กลุ่มรอยเลื่อนทั้งสามวางตัวในแนวเดียวกัน คือ ตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้จากข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณกลุ่มรอยเลื่อนนี้มีความรุนแรงในส่วนตอนเหนือของรอยเลื่อนคือในมณฑลยูนนานมากกว่าบริเวณเวียดนามตอนเหนือ (ดูรูป 5.5) ที่มีความรุนแรงมาก(ขนาดเกิน 7 ริกเตอร์)มีอยู่ 2 ครั้ง(21 ธ.ค. 2456, ขนาด 7.2 และ 4 ม.ค. 2473, ขนาด 7.7) แต่โดยทั่วไปมีความรุนแรงไม่มากนักและมีการไหวตัวประมาณ 10 ครั้ง (ขนาด 6-6.9 ริกเตอร์)จากข้อมูลและสถิติพบว่าการไหวตัวทั้งหมดประมาณ 140 ครั้ง (ขนาด 3-6 มาตราริกเตอร์) อย่างไรก็ตามในแง่ธรณีแปรสัณฐานกลุ่มรอยเลื่อนนี้มีความสำคัญเพราะเป็นบริเวณที่เป็นรอยต่อหรือตะเข็บธรณี (Geosuture) ที่เกิดจากการชนกันระหว่างแผ่นเปลือกโลกอินโดจีน (Indochina plate) กับแผ่นจีนใต้ (South China Plate) ในสมัยปลายไทรแอสซิก (Metcalf, 1995) ทำให้น่าจะเป็นบริเวณที่น่าจะมีความอ่อนตัวของเปลือกโลกอย่างมาก ทำให้โอกาสเกิดแผ่นดินไหวได้ง่ายเมื่อเกิดการสะสมพลังงานที่ได้จากการหมุนตัวของแผ่นเปลือกโลกเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการดันตัวของแผ่นทวีปอินเดีย

5) กลุ่มรอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน-
แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์

กลุ่มรอยเลื่อนทั้งสามตัวนี้อยู่ทางตะวันตกและทางตะวันตกเฉียงเหนือของไทย จากข้อมูลภาพจากดาวเทียม (รูป

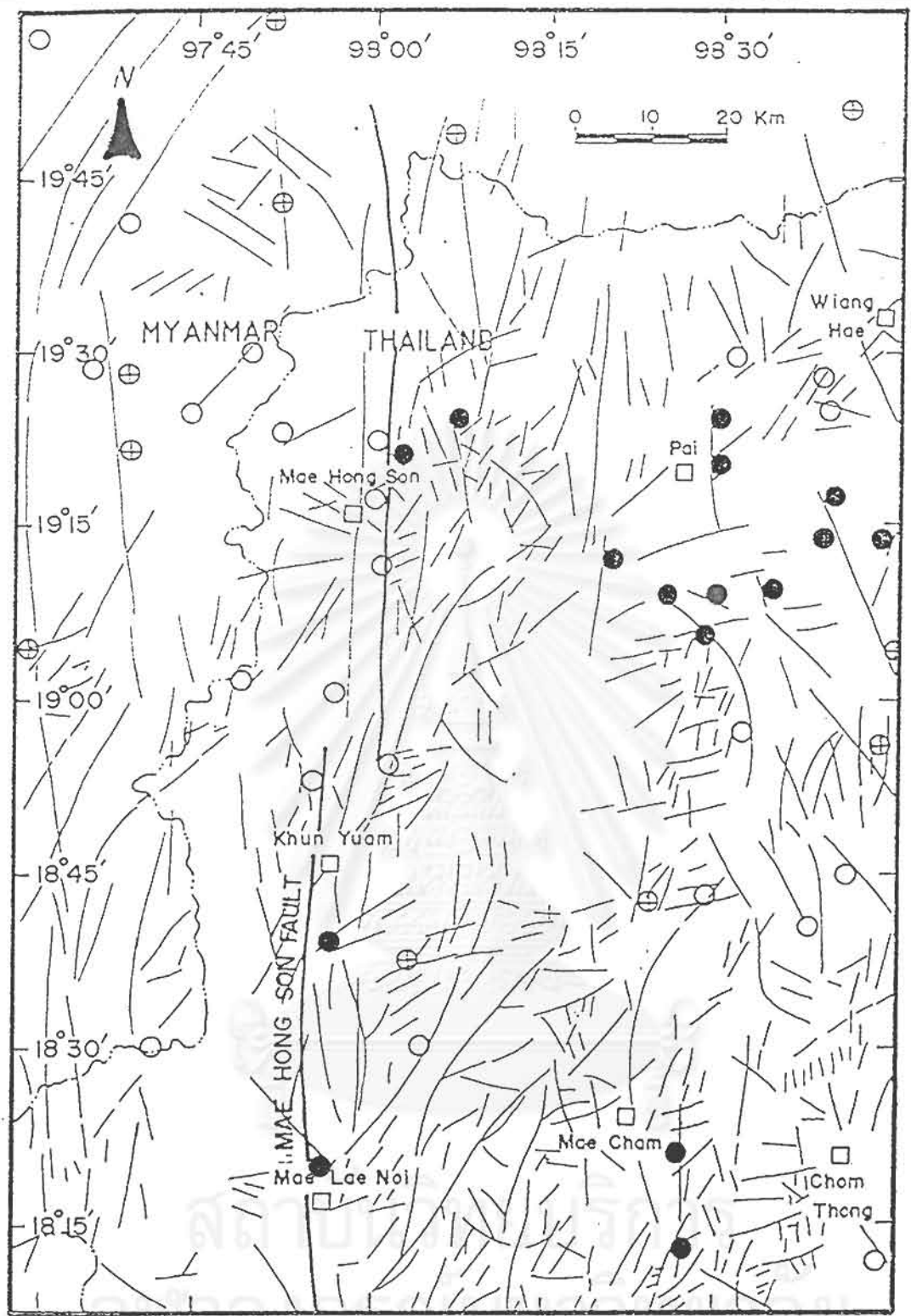


รูป 5.5 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแดง-มา-ดา และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวหลัก ๆ

5.6) อาจต่อเชื่อมกันได้ เริ่มจากรอยเลื่อนแม่สะเรียงซึ่งวางตัวในแนวเหนือใต้ ทอดตัวลงมาต่อเข้ากับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ปิงและรอยเลื่อนคู่ขนานด้านเจดีย์สามองค์ซึ่งทั้งสองวางตัวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ จากข้อมูลสถิติของแผ่นดินไหวพบว่ารอยเลื่อนแม่ฮ่องสอน ซึ่งส่วนเหนือต่อเลยเข้าไปถึงอำเภอปายทางเหนือ และต่อไปถึงเมืองพานทางตะวันออกเฉียงของพบว่าแผ่นดินไหวเกิดเป็นกระจุกที่มีขนาดเล็ก (ตั้งแต่ 2-4 ริกเตอร์) นับได้เกือบ 40 ครั้ง (นับตั้งแต่ 2455) ส่วนในประเทศไทยมีไม่มากนักนับได้ 12 ครั้งในขนาดเดียวกัน และขนาดใหญ่สุดในไทยมีเพียงครั้งเดียว (22 เม.ย. 25 26, 5.9 ริกเตอร์ และที่รองลงมาคือ 15 เม.ย.2526, ขนาด 5.38 ; 7 ก.พ. 2518, 5.6 ริกเตอร์) และยังไม่ปรากฏที่มี ขนาดใหญ่ ขนาด 6 ถึง 7 ริกเตอร์(เลย) ในแง่ของอายุ รอยเลื่อนจัดว่ายังเป็นรอยเลื่อนที่มีพลัง ซึ่งสอดคล้องกับหลักฐานทางธรณีวิทยาแปรสัณฐาน จึงจัดว่าน่าจะมีการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

6) กลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู- หลวงพระบาง-แพร์- อูตรดิษต์

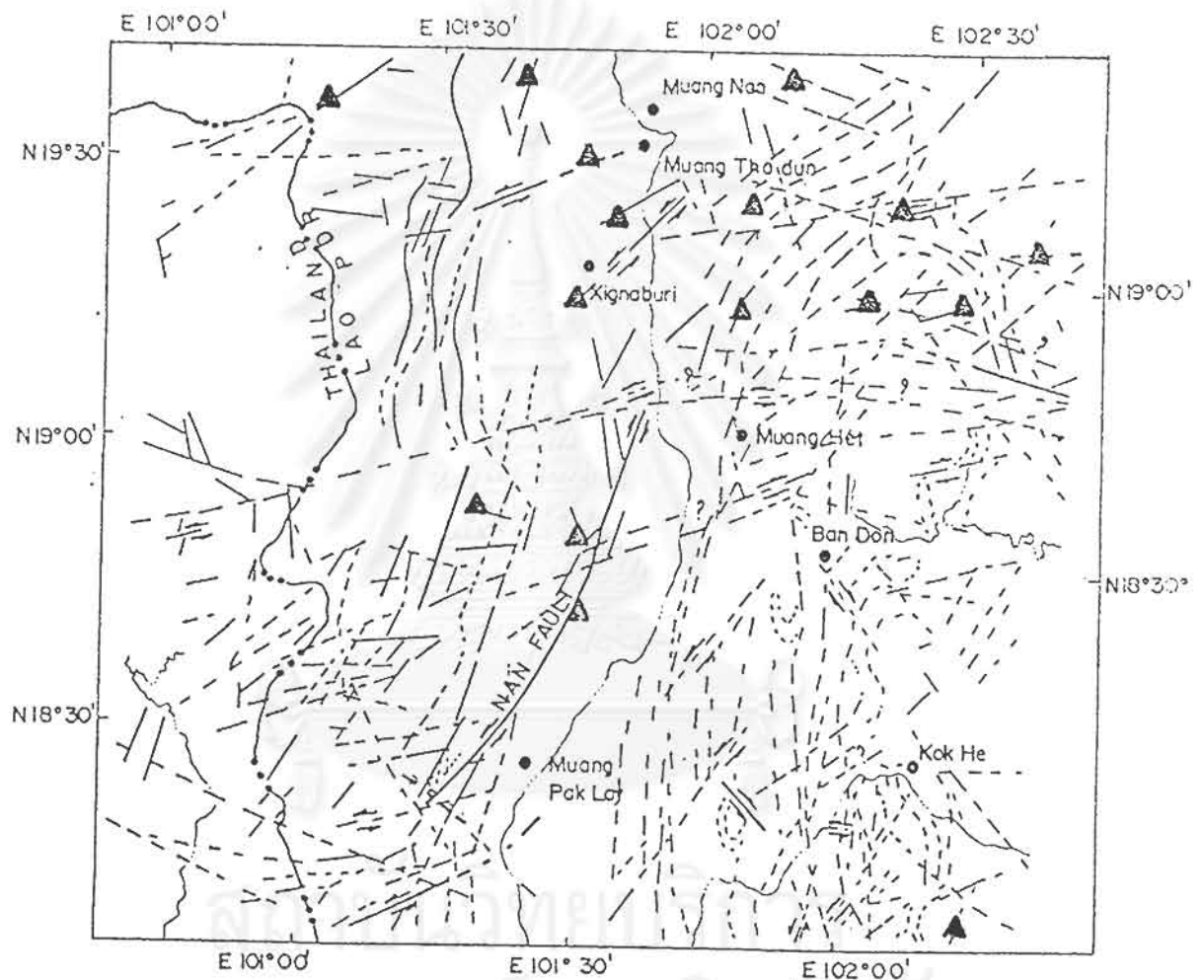
กลุ่มรอยเลื่อนในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ นี้ ที่มีขนาดใหญ่ (6-7 ริกเตอร์) อยู่นอกประเทศไทย ทั้งหมด(12 ม.ค. 77, 6.5 ; 1 ธ.ค. 78, 6.8 ; 21 ก.ย. 80, 6.0) ส่วนในประเทศไทยที่จังหวัดอุตรดิษต์(3 ก.พ. 21, 6.0) ทำให้น่าเชื่อว่ากลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวน่าจะยังมีพลังอยู่ โดยเฉพาะในกลุ่มรอยเลื่อนแพร์-อุตรดิษต์ในไทย ซึ่งมักจะเกิดมีแผ่นดินไหวขนาดเล็ก (3-4 ริกเตอร์)เกิดอยู่บ่อย ๆ จากสถิติแผ่นดินไหวพบว่าเกิดประมาณ 30 ครั้ง จนถึงปัจจุบัน ในแง่ธรณีแปรสัณฐาน เนื่องจากกลุ่มรอยเลื่อนนี้เป็นกลุ่มรอยตะเข็บโลก(geosuture)จากการชนกันระหว่างจุลทวีปชานไทยกับจุลทวีปอินโดจีน ทำให้เปลือกโลกบริเวณนี้ยังคงมีความหยุ่นตัวและอ่อนตัวได้มาก โอกาสเกิดแผ่นดินไหวเป็นไปได้มากซึ่งสอดคล้องกับการหาอายุรอยเลื่อนซึ่งพบว่าใหม่มาก ทำให้คิดว่ารอยเลื่อนดังกล่าวยังมีพลังอยู่ (ดูรูป 5.7)



LEGEND

- Magnitude
- ⊕ > 3
 - Hot Spring
 - < 3

รูป 5.6 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่สะเรียง-แม่ปิง-ด่านเจดีย์สามองค์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ



รูป 5.7 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (limestone map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนเดียนเบียนฟู-หลวงพระบาง-แพร์-อุดรดิษฐ์ และตำแหน่งเกิดแผ่นดินไหวใหญ่ ๆ (▲)

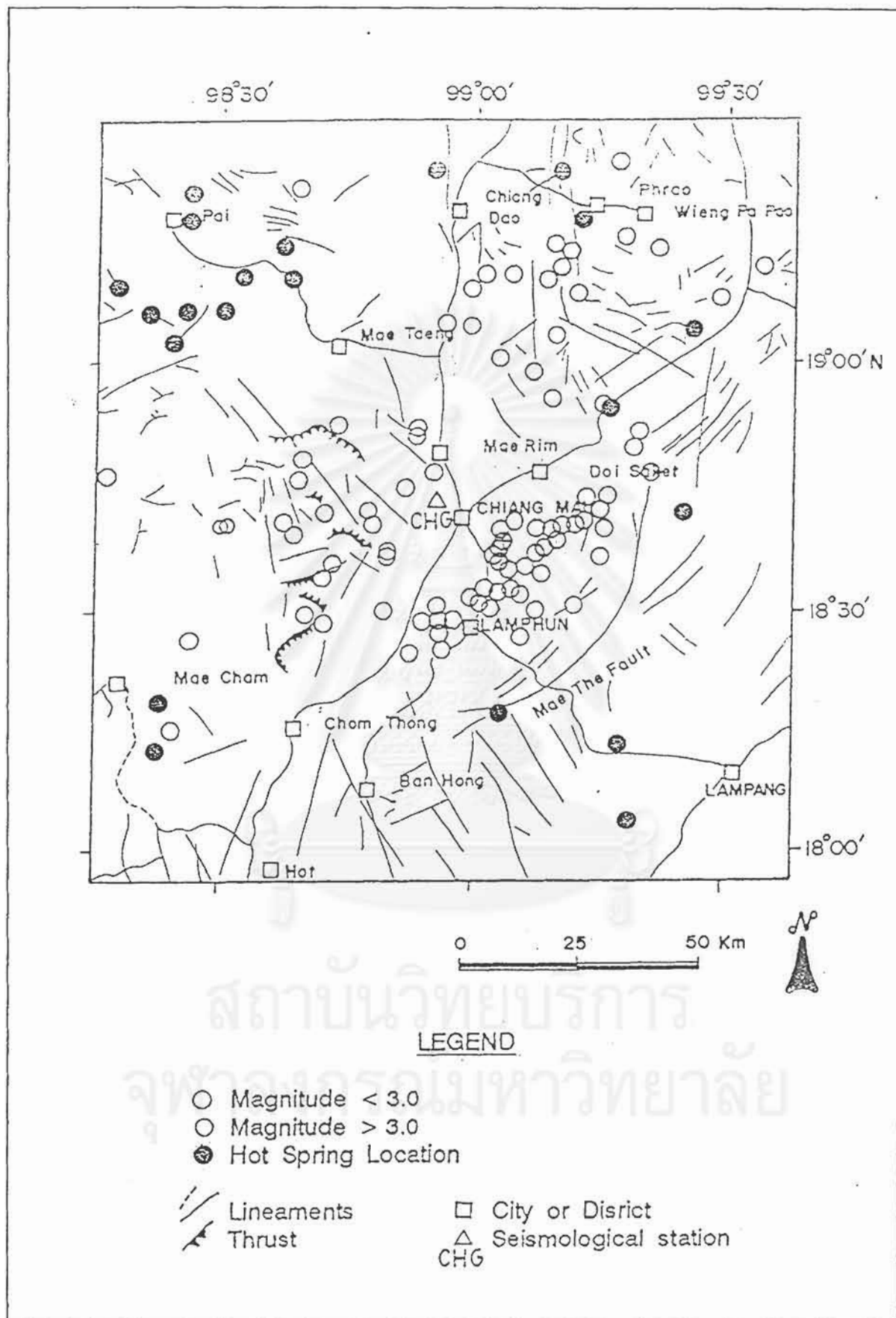
- 7) **กลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม** กลุ่มรอยเลื่อน(ดูรูป 5.8)นี้มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มรอยเลื่อนป่าซาง-เชียงรายอย่างหนึ่ง คือมีลักษณะโค้ง(curvilinear) รูปตัว S(เอส)จากข้อมูลสถิติแผ่นดินไหวส่วนใหญ่มีขนาด 3-4 ริกเตอร์ เกิดมาแล้วประมาณ 50 ครั้ง และที่มีความแรงมากที่สุดคือ ประมาณ 5 ริกเตอร์ จากการหาอายุรอยเลื่อน (ชัยยันต์ หินทอง, 2538, ติดต่อด่วนตัว) ทำให้คิดว่าน่าจะยังคงมีพลังอยู่

จากการรวบรวมข้อมูลสถิติแผ่นดินไหว ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาโดยเฉพาะที่เห็นได้จากภาพจากดาวเทียมและข้อมูลและแนวคิดทางธรณีวิทยาแปรสัณฐาน(รูป 5.9) ตลอดจนหลักฐานจากภาคสนาม (ดูรูป 5.10) พอสรุปได้ว่า แนวหรือกลุ่มรอยเลื่อนทั้งเจ็ดที่กล่าวมานี้ เป็น**กลุ่มรอยเลื่อนที่มีพลัง** และน่าจะสัมพันธ์กับการเกิดแผ่นดินไหวมาก (Potentially active Fault Zone) ซึ่งในอนาคตอาจเกิดแผ่นดินไหวได้จากข้อมูลสถิติกรมอุตุนิยมวิทยา (ตาราง 5.1) ทำให้น่าคิดว่าแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในภาคเหนือของไทยน่าจะมีอิทธิพลมาจากกลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวข้างต้น

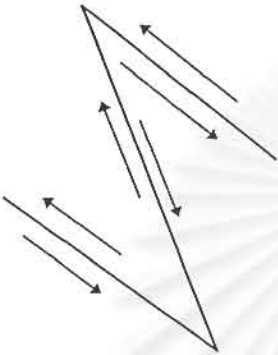
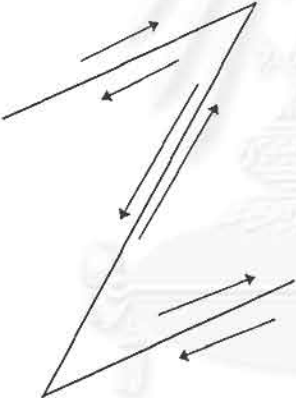
อย่างไรก็ตามยังมีกลุ่มรอยเลื่อนอีกหลายกลุ่ม โดยเฉพาะกลุ่มรอยเลื่อนในประเทศไทยที่ปัจจุบันไม่เคยเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ ๆ คือ ตั้งแต่ 3 ริกเตอร์ขึ้นไปเลย เช่นรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์และรอยเลื่อนแกลง ซึ่งในที่นี้เรียก**กลุ่มรอยเลื่อนศักยภาพมีพลัง**(potentially active fault zone) และสามารถแบ่งย่อยออกได้เป็นประเภทย่อย ๆ ได้ คือ กลุ่มรอยเลื่อนที่ในประวัติศาสตร์เคยมีการเลื่อนตัวและเคยตรวจจับได้ (historically and seismologically active fault zone) และกลุ่มรอยเลื่อนที่น่าจะเคยมีการเลื่อนตัวทางธรณีวิทยา (geologically active fault zone) สำหรับกลุ่มรอยเลื่อนที่ในประวัติศาสตร์เคยมีการไหวตัวหรือเลื่อนตัว ในที่นี้เรียกสั้นๆ ว่า**รอยเลื่อนประวัติเคยไหว** ส่วนชนิดหลังในที่นี้ขอเรียกสั้น ๆ ว่า **รอยเลื่อนนำไหว** ซึ่งอย่างหลังนี้ยังไม่เคยมีการไหวตัวตามข้อมูลสถิติจากเครื่องวัด ซึ่งรอยเลื่อนประวัติเคยไหวและรอยเลื่อนนำไวนี้นั้นที่เราจัดให้เป็นรอยเลื่อนหมดพลัง(Inactive Faults) ดังแสดงในรูป 5.1

กลุ่มรอยเลื่อนประวัติเคยไหว ได้แก่ **กลุ่มรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์** กลุ่มรอยเลื่อนเล็ก ๆ ในภาคเหนือ เช่นรอยเลื่อนฮอด แม่ริม วังเหนือ และแม่จาง และ**กลุ่มรอยเลื่อนเลย** (รูป 5.1 หมายเลข 9) ส่วนกลุ่มรอยเลื่อนนำไหว ได้แก่ **กลุ่มรอยเลื่อนทางใต้** เช่น รอยเลื่อนระนอง-คลองมะรุ่ย (รูป 5.1 หมายเลข 11) อ่างลึก คลองหอม กันตัง และเบตง รวมทั้ง**กลุ่มรอยเลื่อนภาคตะวันออก** เช่น รอยเลื่อนแกลง เป็นต้น กลุ่มรอยเลื่อนดังกล่าวนี้เคยมีประวัติศาสตร์การเลื่อนตัว หลายกลุ่มมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับตำแหน่งน้ำพุร้อน(รูป 5.8)

นอกจากนั้นยังมีกลุ่มรอยเลื่อนบางกลุ่มซึ่งแม้เคยมีการเลื่อนตัวในอดีต และไม่แสดงข้อมูลเชิงสถิติการไหวตัวในปัจจุบันจึงจัดว่าเป็นรอยเลื่อนไร้พลังหรือสิ้นพลัง (Inactive Fault) ซึ่งได้แก่รอยเลื่อนยะลา-ปัตตานี รอยเลื่อนกระบี่-สุราษฎร์



รูป 5.8 แผนที่แนวเส้นโครงสร้าง (lineament map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม

รูปรอยเลื่อน	คำอธิบาย
	<p>(รูปตัวเอช S) รอยเลื่อนซ้ายเข้า (Left lateral fault)</p>
	<p>(รูปตัวแซค Z) รอยเลื่อนขวาเข้า (Right lateral fault)</p>

รูป 5.9 การเกิดรอยเลื่อนขนานข้าง และรอยแตกภายในรอยเลื่อน ทำให้เกิดรอยเลื่อนภายใน เป็นรูปตัว เอช (S) หรือรูปตัวแซค (Z)

5.2 แรงเค้นในอดีต (Paleostress)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาดูในรายละเอียดถึงแนวแรงที่ก่อให้เกิดแผ่นดินไหวโดยอาศัยแนวเส้น (หรือรอยเลื่อน) ที่แปลสภาพภาพดาวเทียมและผลที่ได้จากภาคสนามโดยเฉพาะบริเวณแถบเขาตะวันตก และ กลุ่มรอยเลื่อน เชียงราย(รูป 5.12), แม่ทา (แม่ริม) ลำพูน-เชียงใหม่ (รูป 5.11), รอยเลื่อนแม่ทะ จ.ลำปาง(รูป 5.10), และแพะ-อุตรดิตถ์ (รูป 5.13), ทางตอนเหนือของประเทศ จะเห็นว่ามีลักษณะคล้ายกัน คือ รอยเลื่อนใหญ่ แม่ปิง และด้านเจ็ดยี่สามองคค์และมีรอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ปรากฏอยู่ข้างในกับกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา และแพะที่มีรอยเลื่อนเงินปรากฏอยู่ภายใน ซึ่งรอยเลื่อนภายในนี้เป็นรูปตัว S (เอส) ทั้งหมด เมื่อพิจารณาในแง่ธรณีวิทยาโครงสร้าง ถ้าให้รอยเลื่อนที่ขนานอยู่ทางทิศเหนือและทิศใต้ มีการเลื่อนตัวแบบขนาบข้าง (Strike-slip movement) เราสามารถหาทิศทางของแนวแรงเค้นในอดีต(paleostress) ได้ รูป 5.9 แสดง การเกิดรอยเลื่อนขนาบข้างและรอยแตกหรือรอยเลื่อนภายในจากการแรงเค้นคู่ขนาน ซึ่งผลที่ได้เมื่อการเคลื่อนตัวยังดำเนินต่อไปจนทำให้เกิดรอยเลื่อนภายในเป็นรูปตัว S(เอส) ได้

5.3 รอยเลื่อนกับการกักน้ำในเขื่อน

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

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงเชื่อว่าตัวอ่างเก็บน้ำเองไม่น่าก่อให้เกิดแผ่นดินไหว แต่ตัวอ่างสามารถกระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยแรงเค้นที่สะสมอยู่ในรูปคลื่นแผ่นดินไหวได้เมื่อถึงจุดหนึ่ง ดังนั้นการมีอ่างเก็บน้ำจึงอาจเป็นตัวเร่งขบวนการปลดปล่อยแรงเค้น(stress)จนก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้เร็วขึ้นกว่าที่ควรที่จะเกิดจากธรรมชาติ(ที่ควรเป็น) กระบวนการเร่ง(รัด)ดังกล่าวจึงนับว่ามีความสำคัญ สำหรับในบริเวณพื้นที่ที่มีแนวโน้มของแผ่นดินไหวในเกณฑ์ต่ำ อัตราการสะสมความเครียดตามธรรมชาติจะช้า และเปลือกโลกจะอยู่ในระดับความเค้นที่ใกล้จุดปลดปล่อยได้เป็นช่วงระยะเวลายาวนาน แต่ถ้ามีกระบวนการเร่งรัดดังกล่าวเข้ามาเกี่ยวข้อง



รูป 5.10 รูปบน ลักษณะรอยเลื่อนที่ตัดผ่านเข้ามาในชั้นดินเบา(diatomite)สีขาวที่แทรกสลับอยู่กับชั้นดินบอแลอซ์(สีน้ำตาลเหมือนเรดินเบา ค.นาคค อ.แม่ทะ จ.ลำปาง) ซึ่งแสดงหน้าเหมืองด้านเหนือและแสดงชั้นหินวางตัวในแนวระดับ รูปล่าง แสดงหน้าเหมืองด้านใต้ซึ่งการวางตัวของชั้นหินมีการเอียงเทไปทางทิศตะวันตก ทั้งสองภาพแสดงลักษณะรอยเลื่อนปกติ(normal fault)ซึ่งตัดผ่านเข้ามาจนถึงดินชั้นบนที่เกิดในสูกปัจจุบัน (Holocene)



รูป 5.11 รูปบน ลักษณะผาหินแข็งที่เรียกว่า "ผาวังซู้" บ้านฮอดหลวง อ.ฮอด จ.เชียงใหม่ แสดงชั้นหินตะกอนอายุเทอร์เชียรี(Tertiary)วางตัวในแนวระดับตั้งอยู่สูงกว่าบริเวณข้างเคียงซึ่งเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำ รูปล่าง แสดงภาพถ่ายระยะใกล้ ซึ่งเห็นการเลื่อนตัวแบบปกติ (normal faulting) ด้วยมุมลงชันเกือบตั้ง (almost vertical) จนทำให้เกิดระยะเคลื่อนตัวในแนวตั้งมากเกือบ 6 เมตร (สังเกตจากความสูงต้นไม้)



รูป 5.12 รูป/บน ภาพถ่ายบริเวณกว้างแสดงสภาพภูมิประเทศทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือจากวัดท่า
 คอน อ.ท่าคอง จ.เชียงราย แสดงลักษณะรอยเลื่อน(เห็นไม่ชัด)ปรากฏระหว่างสันถนนและแม่น้ำ
 กลางภาพ รูป/ล่าง หลุมสำรวจเจาะร่อง(trench) แสดงลักษณะชั้นตะกอนยุคปัจจุบัน(Quaternary
 deposit)ที่แสดงการเอียงตัวแบบย้อนกลับ(reverses faulting) มีระยะเอียงประมาณ 15 ซม. เป็นแนว
 รอยเลื่อน แนวเดียวกับรูปบนแต่อยู่ทางทิศใต้



รูป 5.13 รูปเขียน รอยเลื่อนปกติ (normal fault) มุมสูงยุคปัจจุบัน (Quaternary) ที่ตัดเข้ามาในชั้นกรวดและชั้นดินเหนียวปนดินสีเหลืองอมน้ำตาล ทำให้เกิดระยะเลื่อนตัวแนวตั้งประมาณ 2 เมตร เส้นทางสาย ลำปาง-แพร่ (จากแพร่ 30 กม. ทางตะวันตก) รูปถ่าย ลักษณะรอยเลื่อนปกติเกิดขึ้นดังตัดเข้ามาในชั้นกรวดและตะกอนทรายสีเหลืองที่กลางแต่ไม่ตัดเข้ามาในกรวดชั้นบนสุด แอ่งแพร่ อ.เมือง จ.แพร่ (Dr. Clark Fenton ร่วมสำรวจภาคสนาม)

ข้อ เช่นการกักน้ำในบริเวณที่มีการอ่อนตัวของเปลือกโลกสูงก็อาจทำให้เกิด 'ฟางเส้นสุดท้าย' ดังนั้นพอกักน้ำถึงจุดก็จะเกิดแรงดันและไหลดังเป็น "แผ่นดินไหว" ในที่สุด

ตาราง 5.1 ข้อมูลแผ่นดินไหวภาคเหนือ (จากกรมอุตุนิยมวิทยา)

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

บทที่ 6

แผ่นดินไหวในประเทศไทยและแนวก่อเกิด

6.1 แนวทางและโอกาสเกิดแผ่นดินไหว

จะเห็นได้ชัดเจนว่าการศึกษาแนวทางและโอกาสการเกิดแผ่นดินไหว มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์โดยตรงกับขบวนการเคลื่อนที่ของแผ่นเปลือกโลก หรือบางที่เรียกว่าขบวนการแปรสัณฐาน (Plate Tectonics) ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับทฤษฎีกลไกของการเกิดแผ่นดินไหว +2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีการขยายตัวของเปลือกโลก (Dilatation Source Theory) และทฤษฎีการคืนตัวของวัตถุ (Elastic Rebound Theory) ดังกล่าวแล้วในบทที่ 2 และเชื่อว่ากลไกดังกล่าวเป็นเหตุให้เกิดการปลดปล่อยพลังงานเพื่อคลายความเครียดที่เกิดขึ้นภายในโลก (Strain) ในการรักษาความสมดุลย์ของเปลือกโลกออกมาในรูปของคลื่นแผ่นดินไหว จนทำให้เกิดแผ่นดินไหวขึ้นได้

การเกิดแผ่นดินไหวจึงมีผลสืบเนื่องมาจากขบวนการที่ทำให้เกิดการแปรสัณฐาน (tectonic process) พลังการเคลื่อนไหวจากการแปรสัณฐาน (tectonic activity) ซึ่งปัจจุบันยังคงมีพลังและมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา (tectonically active) และจะมีอิทธิพลอย่างมาก ดังนั้นปัจจัย 2 อย่างที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว จึงมีส่วนสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดที่สุดกับลักษณะและสภาพการแปรสัณฐาน (tectonic setting) ตลอดจนโครงสร้าง (tectonic structure) ที่ปรากฏให้เห็น

การแปรสัณฐาน (tectonic activity) นี้ได้แก่ การเคลื่อนไหวของเปลือกโลกซึ่งกำลังดำเนินอยู่ในขณะนี้ ส่วนโครงสร้างแปรสัณฐาน (tectonic structure) ที่เกี่ยวข้องมากที่สุด ซึ่งสามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวได้นั้น ได้แก่ รอยเลื่อนที่มีพลัง หรือมีการเคลื่อนไหว (tectonic fault) และในปัจจุบันเรายังจะหมายถึงรอยเลื่อนใหม่หรือกลุ่มรอยเลื่อนที่มีพลัง (active fault) ซึ่งเคยมีประวัติการเคลื่อนไหวหรือเลื่อนตัวมาแล้วในยุคควอเทอร์นารี (ประมาณ 2-3 ล้านปีล่วงมาแล้ว) หรือที่เคยเคลื่อนไหวหรือเลื่อนตัวมาแล้วในช่วงอายุโฮโลซีน (11,000 ปีล่วงมาแล้ว) หรือที่กำลังเลื่อนตัวจนเกิดเป็นแผ่นดินไหวในปัจจุบัน หรือที่คาดว่าจะมีโอกาสเลื่อนตัวได้อีกในอนาคต นอกจากนั้นรอยเลื่อนที่สามารถทำให้เกิดแผ่นดินไหวก็ถือว่าเป็นรอยเลื่อนใหม่ที่มีพลังการเคลื่อนไหว (active fault) เป็นต้น

จากปัจจัยทั้งสองนี้ ทำให้เกิดมีการศึกษากำหนดขอบเขตของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zone) ขึ้น เพื่อแสดงขอบเขต (Zone) หรือศักยภาพที่สามารถบ่งบอกว่าเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มและโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวในขนาดต่าง ๆ กัน โดยอาศัยการประมวลข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ซึ่งได้แก่ลักษณะธรณีวิทยาสภาพทางเทคนิค รวมทั้งข้อมูลและประวัติการเกิดแผ่นดินไหวประกอบกันสร้างเป็นแผนที่ธรณีแปรสัณฐานแผ่นดินไหว (seismo-tectonic map) จนสามารถกำหนดขอบเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้ (ดูรูป 6.1)

6.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว (Seismic Source Zones) และเขตพื้นที่เสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหว

ได้มีการศึกษาและวิจัยเพื่อการกำหนดขอบเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวสำหรับพื้นที่ประเทศไทย และผ่านพื้นที่โดยรอบ ปรีญญา นุตาลัย Nutalalya และคณะ, (1985) ซึ่งครอบคลุมบริเวณระหว่างละติจูด 5° ถึง 25° น. กับลองจิจูด 90° ถึง 110° อ. (ดูรูป 6.1) อันได้แก่บริเวณประเทศไทยแหลมอินโดจีน และบางส่วนของประเทศพม่า และประเทศจีนและจากการศึกษาดังกล่าวสามารถแบ่งเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้ 12 เขต ซึ่งมีชื่อเรียกเขตต่าง ๆ เป็น A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K และ L พร้อมชื่อแต่ละเขตตามรูปที่ 6.1 ดังนี้ คือ เขตอาระกัน, เขตตะวันตกของแอ่งที่ราบภาคกลางพม่า, เขตตะวันออกของแอ่งที่ราบภาคกลางพม่า, เขตพื้นที่บาโม-เปาซาน, เขตที่ราบสูงทางตะวันออกของพม่า เขตแนวตะนาวศรี, เขตตอนเหนือของประเทศไทย, เขตอินโดจีนตอนเหนือ, เขตยูนนาน-กวางสีตอนใต้, เขตหมู่เกาะอันดามัน, เขตแอ่งคังดามัน และเขตพื้นที่อันดามัน-สุมาตรา ตามลำดับ แต่จากการศึกษาของคณะผู้วิจัยโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายเทียมเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างธรณีแปรสัณฐานกับข้อมูลแผ่นดินไหว พบว่าเขตกำเนิดแผ่นดินไหวใหม่มีความแตกต่างไปจากเดิมบ้าง ดังแสดงในรูป 6.2

โดยที่ในแต่ละเขตจะมีปรากฏการณ์แผ่นดินไหวเกิดขึ้นมากรน้อย และที่ระดับต่าง ๆ กัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะสภาพ และโครงสร้างธรณีวิทยา, สภาพลักษณะทางการแปรสัณฐาน (tectonic setting) และโครงสร้าง (tectonic structure) ที่มีอิทธิพลในแต่ละเขตนั้นเป็นตัวกำกับที่สำคัญ ซึ่งได้แก่แนวมุดตัว (subduction zone) แนวแยกตัว (spreading ridge) ของแผ่นเปลือกโลกที่ยังมีการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะในทะเลอันดามัน และรอยเลื่อน (faults) ต่าง ๆ โดยเฉพาะที่เป็นรอยเลื่อนใหม่ที่ยังมีการเคลื่อนตัว หรือมีโอกาสเคลื่อนตัว (active faults) เป็นต้น รายละเอียดลักษณะของแต่ละเขตจะขอเว้นไม่กล่าว อย่างไรก็ตามรอยเลื่อนสะกายเพียงรอยเดียวที่ได้ชื่อว่าเป็นรอยเลื่อนใหม่ที่ยังมีการเคลื่อนตัวอยู่และมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเกิดแผ่นดินไหวในอดีตจนถึงปัจจุบัน อย่างไรก็ตามเมื่อประมวลแนวคิดดังกล่าวข้างต้นนี้ทำให้สามารถคาดคิดได้ว่าพื้นที่ใดบ้างมีความเสี่ยงต่อแผ่นดินไหวได้มาก หรือน้อยจนสามารถนำมาทำเป็นพื้นที่เสี่ยงภัยต่อแผ่นดินไหวได้ (ดูรูป 6.3)

6.3 โอกาสเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ

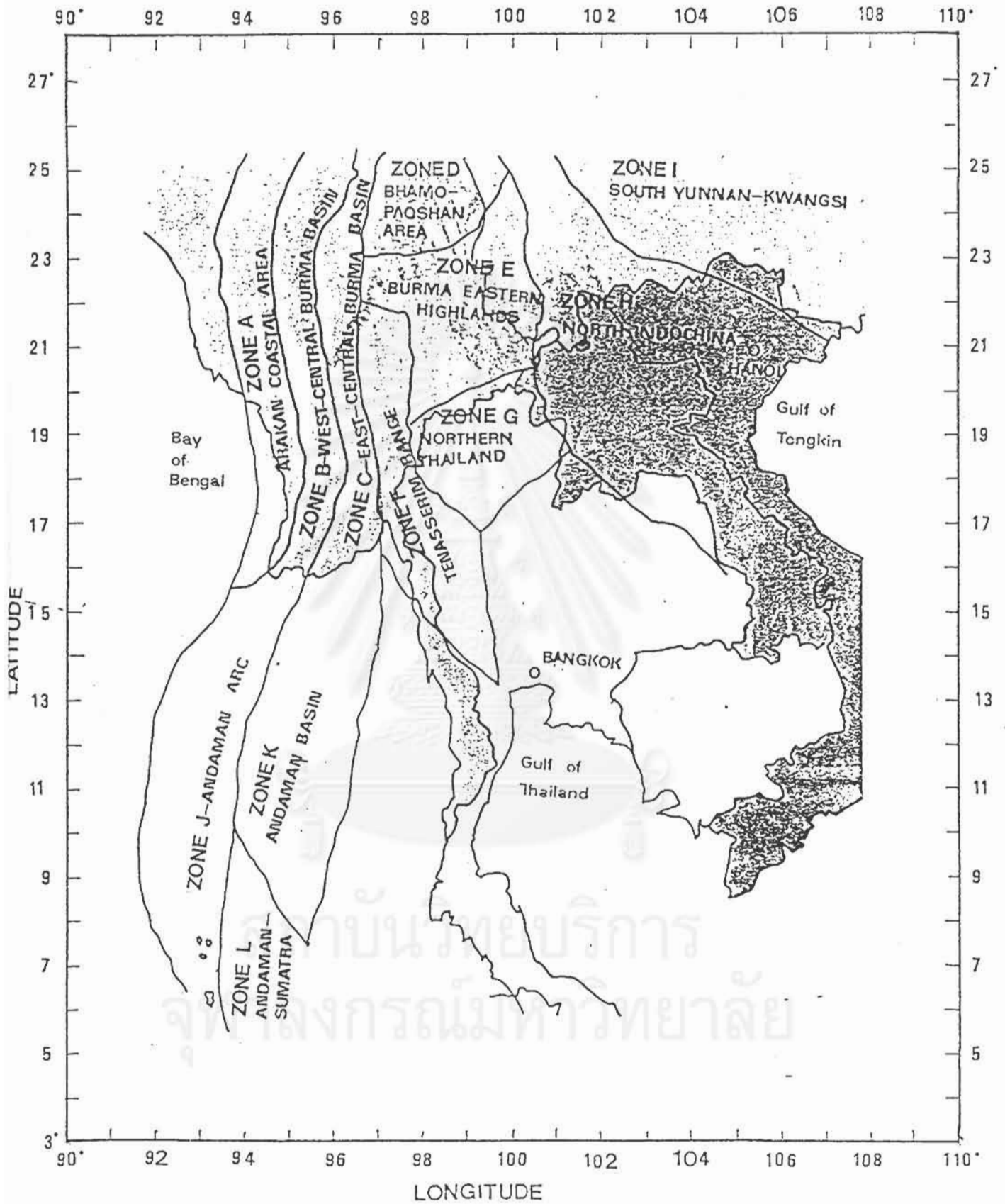
จากการศึกษาของศาสตราจารย์ปรีญญา นุตาลัย และคณะในช่วงปี 2523-2527 (ดู Nutalaya และคณะ, 1985) พบว่าในเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแต่ละเขตจะมีความน่าเชื่อถือของข้อมูลแตกต่างกัน กล่าวคือบางพื้นที่แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวแบ่งได้ชัดเจนเนื่องจากตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหวเข้ากันได้ดีกับแนวรอยเลื่อนซึ่งเรารู้จักกันดี หรือเข้ากันได้ดีกับรอยเลื่อนก่อแผ่นดินไหว (seismogenic fault) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในเขตนั้นมีรอยเลื่อนมากหรือมีเช่นนั้นก็ลงตำแหน่งจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวผิดไป อย่างไรก็ตามในการศึกษาโอกาสของการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำ จะต้องอนุมานว่าคลื่นแผ่นดินไหวเหมือนกันหมดตลอดพื้นที่ ซึ่งข้อมูลอื่น ๆ จะเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย

สถิติจำนวนเหตุการณ์การเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งจำแนกประเภทตามระดับความลึกของจุดเกิดในเขตต่าง ๆ เปรียบเทียบกันระหว่างที่เกิดในปี พ.ศ. 2455-2502 และ 2503-2526 แสดงในตารางที่ 6.1 (ของที่ชัชยันต์) ส่วนที่บันทึกขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น แสดงในตารางที่ 6.2 (ของที่ชัชยันต์) และจากการศึกษาสถิติข้อมูลเหล่านี้ทำให้เราอาจจะประเมินข้อมูลได้เพื่อเป็นแนวที่บอกให้เราทราบถึงโอกาสการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำในอดีต นอกจากนั้นความถี่ของจำนวนครั้งของการเกิดแผ่นดินไหวแต่ละขนาดในแต่ละเขตแผ่นดินไหว สามารถทำให้เรากำหนดของเขตพื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดแผ่นดินไหวได้ (รูป 6.3)

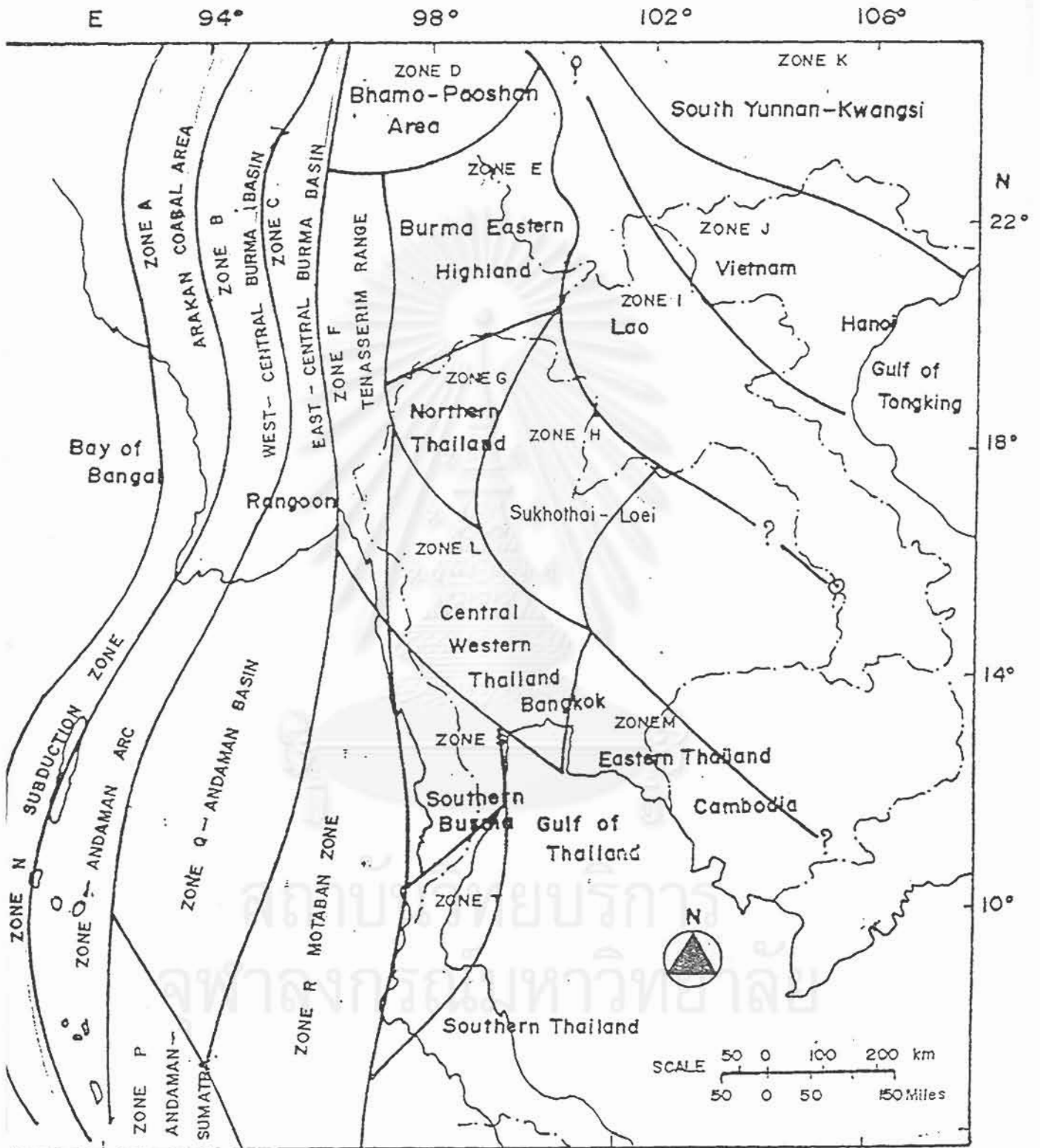
อย่างไรก็ตามเท่าที่ข้อมูลสถิติที่บันทึกได้ ความสัมพันธ์ด้านการเกิดแผ่นดินไหวซ้ำยังไม่สามารถสร้างให้เห็นได้ชัดเจนนัก ทั้งนี้เนื่องจากบันทึกเหตุการณ์ในอดีตยังไม่เพียงพอเท่าที่ควรประการหนึ่ง และอีกประการมีบันทึกต่าง ๆ จากเครื่องมือเพิ่มขึ้นอย่างกระชั้นชิดหลังจากปี พ.ศ. 2503 เมื่อมีสถานีและการติดตั้งเครื่องมือวัดและตรวจสอบแผ่นดินไหว รวมทั้งขยายเครือข่ายขึ้น

เรื่องของการพยากรณ์แผ่นดินไหว ปัจจุบันยังไม่สามารถกระทำได้อย่างถูกต้องแม่นยำและเป็นไปตามหลักเกณฑ์ทางวิทยาศาสตร์ ยังจำเป็นต้องการศึกษาวิจัย รวบรวมสร้างทฤษฎี ตรวจสอบวัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ต่อไปในอนาคต พารามิเตอร์ซึ่งเกิดขึ้นก่อนแผ่นดินไหวเช่น วัดการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก วัดค่า Stress และ Strain ของเปลือกโลก วัดก๊าซเรดอน วัดสนามแม่เหล็กโลก วัดค่าความโน้มถ่วง วัดคลื่นความถี่วิทยุ เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 6.1 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (จาก Nutalaya, และคณะ, 1985)



รูป 6.2 เขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวบนพื้นแผ่นดินเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จากการศึกษาครั้งนี้

บทที่ 7

สรุปและเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาครั้งนี้ และสถิติการเกิดแผ่นดินไหวทั้งที่เป็นประวัติความเสียหายที่ได้รับในอดีต และที่บันทึกได้จากเครื่องตรวจสอบแผ่นดินไหว ทำให้สามารถกำหนดข้อสรุปเกี่ยวกับแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยได้ว่า

1. เมื่อใดที่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่เกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในมณฑลยูนนานของประเทศจีน, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย, ประเทศบังกลาเทศ และ/หรือทางตอนเหนือของประเทศอินเดีย ประเทศไทยมักรู้สึกได้โดยเฉพาะทางเหนือสุด และตะวันตกสุดของประเทศ และอาจถึงกรุงเทพฯบ้างในบางครั้งซึ่งน่าจะได้รับผลกระทบค่อนข้างน้อย

2. จากข้อมูลแผ่นดินไหว ทำให้ทราบว่าอย่างน้อยมีรอยเลื่อนใหม่ในประเทศ หรือรอยเลื่อนมีพลังในการเคลื่อนไหว (Active fault) และจัดว่ามีความสำคัญอย่างมาก อยู่ 2 แนวหรือกลุ่ม คือ แนวเขตหรือกลุ่มรอยเลื่อนแม่ทา(MT)-แม่ริม และแนวเขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์(TP) และในบางแนวเช่น แนวเขตรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี ช่วงท่าสองยาง-แม่สอด ว่าเป็นรอยเลื่อนตีบลงด้วยหรือไม่ ควรมีการศึกษาต่อไป อย่างไรก็ตามอาจสรุปในตอนี้ ทั้งจากข้อมูลด้านธรณีวิทยา, ด้านประวัติศาสตร์ และจากการวัดด้วยเครื่องว่าไม่น่าจะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงมากเกินกว่า 4 ริกเตอร์

3. บริเวณเขตที่ราบสูงโคราช รวมทั้งบริเวณกัมพูชา(ยกเว้นรอบทะเลสาบ) เวียดนามตอนใต้ คาบสมุทไทย-มาเลย์และอ่าวไทย เป็นบริเวณค่อนข้างเสถียรในทางธรณีแปรสัณฐานเนื่องจากไม่ปรากฏมีแผ่นดินไหวเกิดขึ้น โดยอาศัยทั้งจากหลักฐานจากการตรวจวัดจากเครื่องวัดคลื่นแผ่นดินไหว และจากข้อมูลในประวัติศาสตร์ด้วย

4. แนวแผ่นดินไหวที่ยังเกิดอยู่ตลอดเวลาในภูมิภาคโดยรอบประเทศไทย ได้แก่

ก) แนวอัสสัม-ซินฮิลล์-อาระกันโยมา-หมู่เกาะอันดามันนิโคบาร์ สุมาตรา และแผ่นดินไหวที่เกิดตามแนวนี้มักเป็นขนาดกลาง

ข) แนวเขตรอยเลื่อนสะกาย-รอยแยกในทะเลอันดามัน ซึ่งอาจเชื่อมต่อกับแนวแรกในราวตอนเหนือของเกาะสุมาตรา แขนงของแนวนี้อาจต่อเนื่องมาจากตะวันออกเฉียงใต้ผ่านเข้ามาในประเทศไทย ตามแนวเขตรอยเลื่อนเจดีย์สามองค์ และรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานีได้

ค) แนวระบบรอยเลื่อนยูนนาน-แม่น้ำแดง สำหรับรอยเลื่อนยูนนานจะมีแนวต่อเนื่องลงมาทางใต้เข้ามาในประเทศไทย ผ่านเชียงราย น่าน และแพร่ด้วย

5. รอยเลื่อนในประเทศไทยที่ยังคงมีพลังอยู่ได้แก่ รอยเลื่อนเชียงราย รอยเลื่อนแพร่-น่าน-อุตรดิตถ์ รอยเลื่อนแม่ทา-แม่ริม-เถิน รอยเลื่อนแม่ปิง-ศรีสวัสดิ์-ด่านเจดีย์สามองค์ ส่วนรอยเลื่อนอื่นในประเทศไทยที่แสดงในรูป 5.1 ไม่จัดว่ามีพลัง

จากข้อมูลต่าง ๆ และสรุปแนวทางดังกล่าวนี้ ผนวกกับการกำหนดเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวได้กล่าวมาแล้ว และการมีแผนที่ธรณีวิทยาแผ่นดินไหว ทำให้สามารถประมวลเขตที่มีโอกาสเกิดแผ่นดินไหวสำหรับประเทศไทยได้ เขตที่มีศักยภาพน่าทำให้คิดว่าอาจเกิดแผ่นดินไหวกับประเทศไทยได้นั้นมี 2 เขตตามเขตแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว คือ เขตตะวันตกและเขตภาคเหนือ ทั้งนี้ทั้งหมดจะมีส่วนสัมพันธ์กับรอยเลื่อนใหญ่เล็กเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะรอยเลื่อนที่มีศักยภาพในการเคลื่อนตัว (Active faults) และรอยเลื่อนที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหว

1. เขตตะวันตกของประเทศไทย

ส่วนหนึ่งของเขตรอยเลื่อนพานหลวง และตองยี ติดตามได้ตามแนวตะนาวศรี และผ่านต่อเนื่องเข้ามาในเขตตะวันตกของประเทศไทย เปลี่ยนแนวมาเป็นแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ 3 แนว ที่ค่อนข้างสัมพันธ์กัน คือ แนวเขตรอยเลื่อนเมย-อุทัยธานี, ศรีสวัสดิ์ และเจดีย์สามองค์

แผ่นดินไหวที่เกิดตามแนวเขตรอยเลื่อนนี้ เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2476 และ 2518 แผ่นดินไหวครั้งหลังวัดได้ขนาด 5.6 ตามมาตราริกเตอร์ ในปี พ.ศ. 2526 เกิดแผ่นดินไหวขนาด 5.6 และ 5.8 ตามมาตราริกเตอร์ ในวันที่ 15 และ 22 เมษายน ตามลำดับ

2. เขตภาคเหนือของประเทศไทย

รอยเลื่อนที่สำคัญในเขตนี้ คือรอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนเชียงราย(แม่จัน) และรอยเลื่อนแพร่-เถิน จากการศึกษาแหล่งน้ำพุร้อนของ กฟผ. พบแนวของการกระจายของแผ่นดินไหวอย่างกว้างขวาง และเชื่อว่ารอยเลื่อนนี้มีพลังการเคลื่อนไหวอยู่ในปัจจุบัน ในทำนองเดียวกันบริเวณรอยเลื่อนแพร่-เถิน ก็มีหลักฐานทางแผ่นดินไหวเช่นกัน และคาดว่าจะยังมีพลังการเคลื่อนไหวอยู่

อย่างไรก็ตามจากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยา สามารถทำให้เห็นภาพของโอกาสเกิดแผ่นดินไหวได้ดีขึ้น ซึ่งกำหนดจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 ริกเตอร์ และตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่มีขนาดมากกว่า 7 ริกเตอร์ นอกจากนั้นรายงานศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่รู้สึกได้ในประเทศไทย สามารถช่วยทำความเข้าใจเรื่องแผ่นดินไหวของไทยได้ดี

ท้ายสุดนี้เรื่องราวเกี่ยวกับแผ่นดินไหวจำเป็นต้องมีการศึกษาร่วมกันโดยวิทยากรจาก หลาย ๆ สาขา การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นเพียงการนำเสนอผลการตีความหมายของข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมมา ผนวกกับข้อมูลทางประวัติศาสตร์ และข้อมูลจากเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว การศึกษาที่จะให้ผลดีก็ต้องมีข้อมูลจากหลาย ๆ สาขามากกว่านี้ จึงจะก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจต่อเรื่อง “แผ่นดินไหว” ดีขึ้น ปัจจุบันยังมีเรื่องที่น่าสนใจเกี่ยวกับแผ่นดินไหวอีกมาก เช่น อัตราเสี่ยงถ้าเกิดแผ่นดินไหว หรือผลกระทบของแผ่นดินไหวต่อประเทศไทย และกรุงเทพฯ หรือปริมณฑล อย่างไรก็ตามข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับธรณีวิทยาแผ่นดินไหว(Earthquake geology) ในประเทศไทยยังไม่เป็นที่ทราบเท่าใด คณะผู้วิจัยจึงอยากขอเสนอให้มีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานลักษณะนี้อย่างจริงจังสืบไป และควรใช้วิธีการศึกษาหรือเทคนิคมากกว่าที่คณะผู้วิจัยได้กระทำซึ่งนับว่าเป็นเพียงการศึกษาแบบ “นำร่อง” (pilot study) เท่านั้น

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. ความสัมพันธ์ระหว่างธรรมเนียมแปรสัณฐานกับแผ่นดินไหว, เอกสารเผยแพร่, กองธรณีวิทยา, 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, สำนักพิมพ์ข้าวานา, 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 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร 410 หน้า. (ไม่ได้ตีพิมพ์)
- ปัญญา จารุศิริ, บุญศิริ จารุศิริ, สุวภาคย์ อิ่มสมุทร, สนธยา โชคเศรษฐกิจ, รัศมี สุวรรณวีระกำจร และ มาละดี ทัยคุปต์, 2537. โครงสร้างทางธรณีวิทยา ชนิดของหินแกรนิตและแนวแร่ในบริเวณระหว่างขุนตาล และเวียงป่าเป้า ภาคเหนือของประเทศไทย, รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติ, กรุงเทพฯ, 72 หน้า. (ไม่ได้ตีพิมพ์)
- สุมาลี ประจวบ, 2533. แผ่นดินไหวที่กาญจนบุรี, เอกสารการวิจัย, กองการศึกษา และวิจัย, กรมอุตุนิยมวิทยา, กรุงเทพฯ, 24 หน้า.
- สภาวิจัยแห่งชาติ, 2537. ตำแหน่งกลางภาพดาวเทียม, ฝ่ายบริการข้อมูล, กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, เอกสารเผยแพร่, 4 หน้า. (ไม่ได้ตีพิมพ์).
- หลวงประเสริฐ อักษรนิสัย, 2510. จดหมายเหตุกรุงเก่า, สำนักพิมพ์กรุงวิทยา, กรุงเทพฯ, 466 หน้า.

- AGI, 1974. *Glossary of Geology*, American 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 Pittanulok 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.
- 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.
- 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.
- 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 the Ocean Basins and Margins Vol. 6, Aland E.M. Nairn and F.G. Stehli (eds.) 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, Chaing 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, Chaing 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 Gazetts*, v. 36, no. 1, p. 43-62 (in Thai).
- Charusiri, P. Charusiri, B., Pongsapich, W., Suwawerakamtorn, 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.
- 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.

- 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).*
- 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*, Department of Mineral Resources, Bangkok, 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. Geophys. 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 Peninsular Thailand around Phuket, Phang Nga and Takua Pa*: Institute of Geological Sciences, Overseas Mimosir 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.
- Hetrakul, N., Sittipod, R., Tanittiraporn, B., and Vivattananon, P., 1991, Post evaluation on reservoir triggered seismicity of Khao Laem Dam : in *Proceedings of the Second International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, p. 1,347-1,355.
- 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, 19 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)

- Hinthong, C., 1995, The study of active faults in Thailand : DMR Technical Conference on The Progression and Vision of Mineral Resources Development, p. 129-140.
- 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. Spatial soil variability in the Cajon Pass chromosequences Impl. for the Use of Soils as a geochron. *Int'l Geomorphology*, 3 (1990) 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 Acceraterations 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.
- Nutalya, 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.
- Press, F. and Siever, R., 1974, Earth (3rd edition), Freeman comany, San Francisco, 613 p.
- 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*, Chaing Mai, Thailand, 30 Jan - 2 Feb 1989, p. 243-253
- 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 Thail Geosciences*, v. 2, p. 111-123.
- Ramingwong, T., Ratanasthien, B., Wattananikorn, K., Tantisukrit, C., Lerdthusnee, S., Thansithipitak, 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 nothern 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.
- 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.
- 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.
- 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, p. 630.
- Win Swe, 1981. A major strike-slip fault in Burma : *Contributions to Burmese Geology*, vol. 1, no. 1, p. 63-75.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

