

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การเกิดแผ่นดินไหวอาจมีด้วยกันหลายสาเหตุซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.1

เกิดภายในโลก	เกิดภายนอกโลก	ทั้งภายในและภายนอกโลก
แผ่นดินไหวเกิดจากรอยเลื่อน ระเบิดใต้ดิน การไหลหมุนเวียนของน้ำใต้ดิน การเคลื่อนตัวของหินหลอม ละลาย การเปลี่ยนแปลงสถานะใต้ดิน การทำเหมือง การยุบตัวใต้ดิน	ลม ความดันบรรยากาศ คลื่นในทะเล น้ำขึ้นน้ำลง ความสั่นสะเทือนจากกิจกรรม ของมนุษย์ เช่น จรวด ระเบิด เป็นต้น การชนของอุกกาบาต	การระเบิดของภูเขาไฟ แผ่นดินถล่ม

ตารางที่ 2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยธรรมชาติ

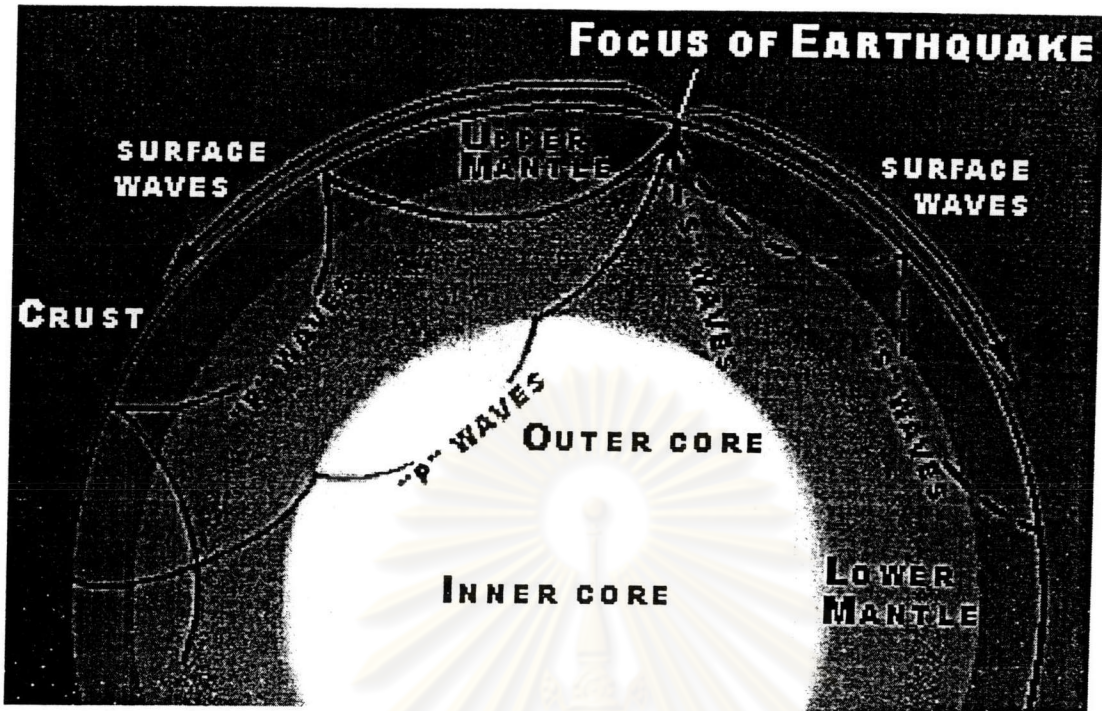
- แผ่นดินไหวเกิดจากแรงภายในเปลือกโลก (Tectonic Earthquake)
  - แผ่นดินไหวเกิดจากภูเขาไฟระเบิด (Volcano Eruption)
  - แผ่นดินไหวเกิดจากการยุบตัวหรือพังทลายของโพรงใต้ดิน (Implosion)
  - ความสั่นสะเทือนจากคลื่นมหาสมุทร (Oceanic Microseism)
  - ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยการกระทำของมนุษย์
- เหตุการณ์ที่ควบคุมได้ เช่น การระเบิด หรือจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น การจรวด เครื่องจักรยนต์ การระเบิดบนพื้นผิวหรือใต้ดิน เป็นต้น
- แผ่นดินไหวจากการกระตุ้น (Induced or Triggered Events) เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำ การทำเหมือง การฉีดของเหลวลงใต้ดิน เป็นต้น

โดยทั่วไปแผ่นดินไหวที่ทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์เป็นจำนวนมาก ได้แก่แผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากแรงเทคโทนิกในเปลือกโลก ปัจจัยที่ทำให้เกิดแรงเทคโทนิกนี้ ได้แก่

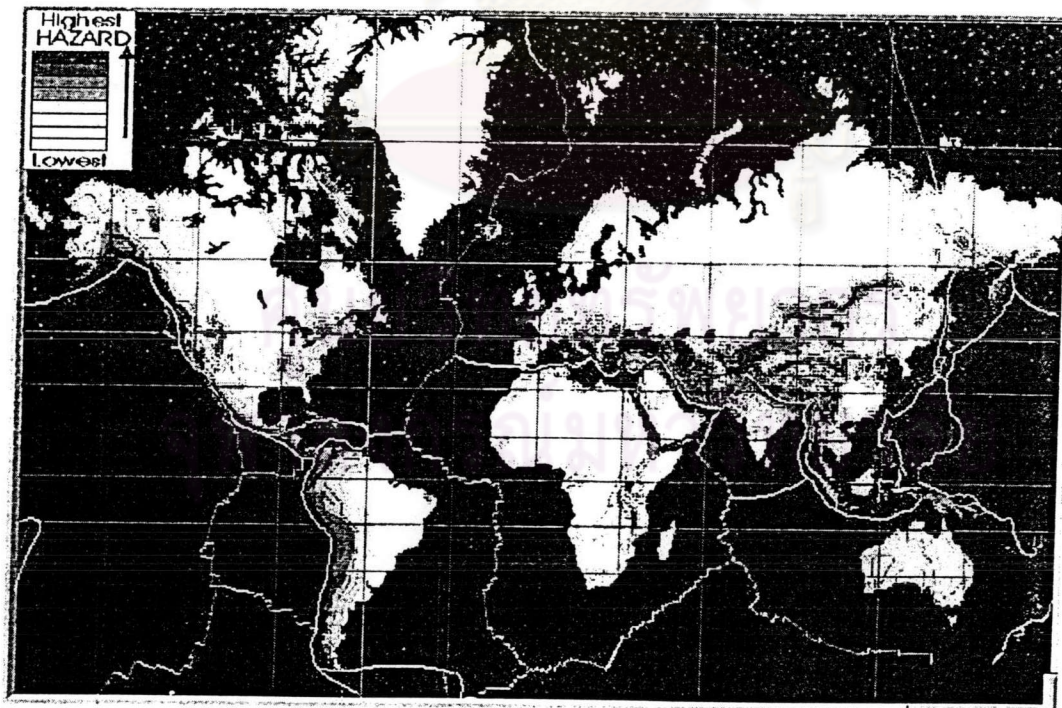
ก. ลักษณะโครงสร้างของโลก ซึ่งสามารถแบ่งได้คร่าวๆ เป็น 3 ส่วน คือ

- แกนโลกซึ่งอยู่ลึกที่สุดและมีอุณหภูมิสูงมากสามารถเผาชั้นหินหลอมละลายมีการเคลื่อนตัว
- ส่วนที่เป็นชั้นหินหลอมละลายเป็นของแข็งซึ่งมีคุณสมบัติของการเคลื่อนตัวคล้ายของเหลวแต่มีความเร็วช้ามากอยู่ในระดับหลายเซนติเมตรต่อปี
- ส่วนที่เป็นเปลือกโลก เปลือกโลกที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีความหนาน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของโลก และไม่ได้เป็นชั้นเดียวกัน แบ่งออกเป็นชั้นใหญ่ๆ ได้ประมาณ 10 ชั้น

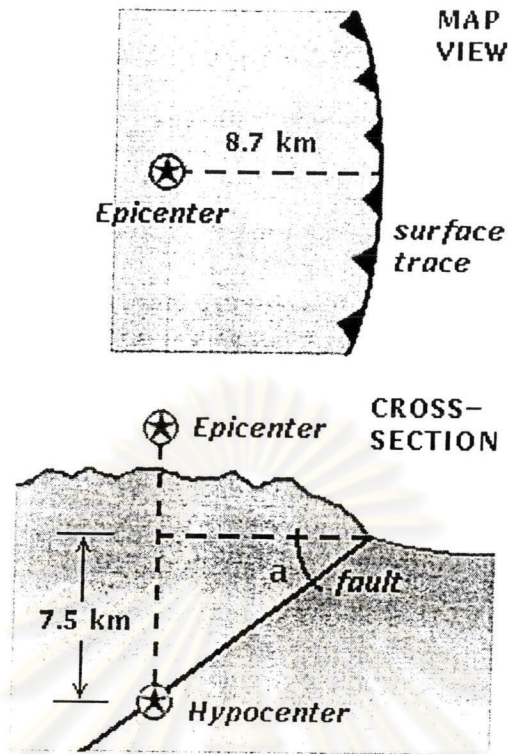
ข. การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกชั้นต่างๆ เนื่องจาก ชั้นหินหลอมละลายได้รับพลังงานความร้อนจากแกนโลกและลอยตัวขึ้นผลักดันเปลือกโลกอยู่ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.1 เปลือกโลกแต่ละชั้นจะมีทิศทางการเคลื่อนตัวต่างๆ กัน พร้อมกับสะสมพลังงานไว้ภายใน บริเวณตรงขอบของเปลือกโลกจึงเป็นส่วนที่การชนกันหรือเสียดสีกันหรือแยกจากกัน หากบริเวณขอบของชั้นเปลือกโลกใดๆ ที่ไม่สามารถทนแรงอัดได้ก็จะแตกหักและมีการเคลื่อนตัวโดยฉับพลัน หรือบางครั้งผลักดันให้เปลือกโลกอีกชั้นคดโค้ง ต่อจากนั้นเมื่อสะสมพลังงานมากก็จะดีดตัวกลับเพื่อรักษาสมดุลย์ กระตุ้นให้เกิดความสั่นสะเทือนแผ่กระจายไปทุกทิศทางบริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกเป็นบริเวณแนวแผ่นดินไหวของโลกดังรูปที่ 2.2 หากพาดผ่านหรืออยู่ใกล้กับประเทศใด ประเทศนั้นจะมีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหวค่อนข้างสูง เช่น ประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ชิลี สหรัฐอเมริกา เป็นต้น นอกจากนั้นแรงที่สะสมในเปลือกโลกยังถูกส่งผ่านเข้าไปในพื้นที่ปตรองบริเวณรอยร้าวของหินใต้พื้นโลกหรือที่เรียกว่า รอยเลื่อน (Fault) ในกรณีที่รอยเลื่อนไม่สามารถทนแรงที่บดอัดได้ก็จะมี การเคลื่อนตัวอย่างฉับพลันเช่นกัน เพื่อปรับความสมดุลย์ของแรงกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว กระจายคลื่นความสั่นสะเทือนไปทุกทิศทาง บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวภายในเปลือกโลกใต้พื้นดินจะเป็นศูนย์กลางแผ่นดินไหวภายใต้เปลือกโลก (Hypocenter) และเรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวตรงผิวพื้นข้างบนซึ่งสามารถกำหนดพิกัดเป็นตำบลที่ ละติจูดและลองจิจูด ว่าศูนย์กลางแผ่นดินไหวบนผิวพื้น (Epicenter) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลาย



รูปที่ 2.2 แนวแผ่นดินไหวของโลก



รูปที่ 2.3 Hypocenter และ Epicenter

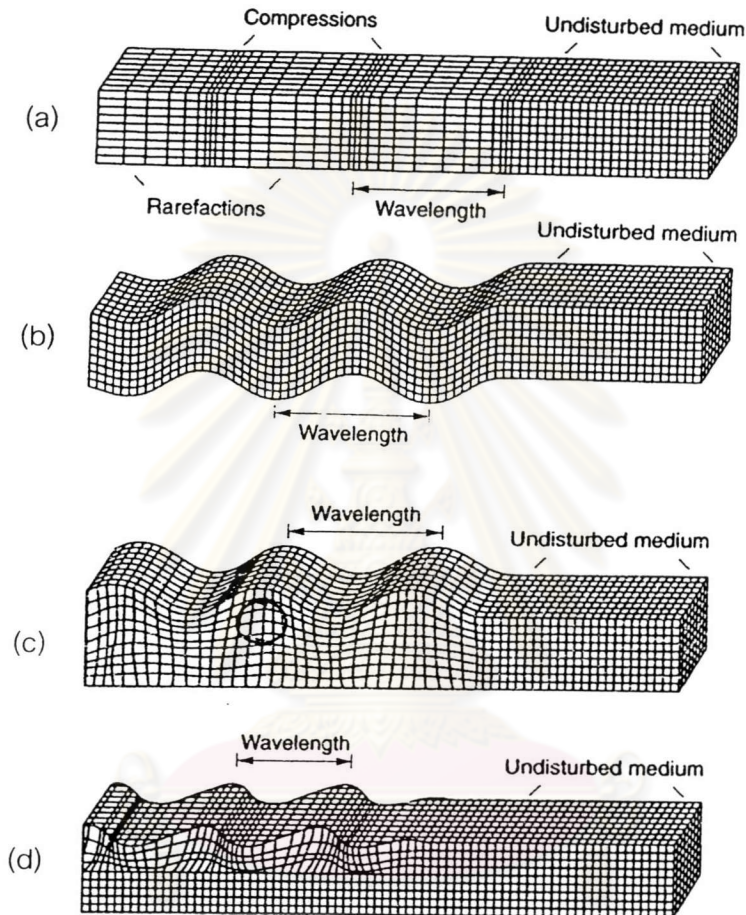
## 2.2 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

ความสั่นสะเทือนของพื้นดินนั้นมีลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคหินหรือดินแบบ 3 มิติ คือเคลื่อนตัวในแนวระนาบของทิศเหนือ-ใต้ ตะวันออก-ตะวันตก และแนวตั้ง ทั้งนี้คลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน 2 แบบ ได้แก่ แบบวัดความเร็วของอนุภาคดินหรือหิน (Seismograph) ซึ่งสามารถวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวเพื่อกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ขนาด เวลาเกิด ตลอดจนสนับสนุนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของโลก ลักษณะของแนวรอยเลื่อน กลไกการเกิดแผ่นดินไหว และเครื่องมือแบบวัดอัตราเร่งของพื้นดิน ได้แก่ เครื่องวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerograph) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว ในบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

คลื่นแผ่นดินไหวแบ่งออกเป็น 2 ชนิด แสดงดังรูปที่ 2.4 ได้แก่

- คลื่นภายใน (Body Wave) เป็นคลื่นที่เดินทางอยู่ภายในโลก ได้แก่ คลื่น P อนุภาคของดินเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง และคลื่น S อนุภาคดินเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบ ทิศเหนือ-ใต้ และตะวันออก-ตะวันตก ความยาวช่วงคลื่นหลักอยู่ระหว่าง 0.01-50 วินาที

- คลื่นผิวพื้น (Surface Wave) ได้แก่คลื่นเลิฟ (Love : LQ) อนุภาคดินเคลื่อนที่ในแนวระนาบเหมือนการเคลื่อนที่ของงูเลื้อย และคลื่น เรย์เลห์ (Rayleigh : LR) อนุภาคของดินเคลื่อนที่เหมือนคลื่น P แต่ ขณะเดียวกันมีการเคลื่อนที่ตัวแบบย้อนกลับ ความยาวช่วงคลื่นผิวพื้นประมาณ 10-350 วินาที



รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ (a) P-wave (b) S-wave (c) R-wave (d) L-wave (Kramer, 1996)

### 2.3 ปริมาณสำหรับการวัดแผ่นดินไหว

ขนาด (Magnitude) เป็นปริมาณที่มีความสัมพันธ์กับพลังงานที่พื้นโลกปลดปล่อยออกมา ในรูปของการสั่นสะเทือน คำนวณได้จากการตรวจวัดค่าความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัด

ได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวเป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด ณ บริเวณจุดศูนย์กลาง ขนาดที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีด้วยกันหลายประเภท ได้แก่

- ML เป็นขนาดแผ่นดินไหวในยุคเริ่มแรก บ่งบอกถึงปริมาณของแผ่นดินไหวท้องถิ่นหรือแผ่นดินไหวใกล้ (ระยะทางน้อยกว่า 1,000 กิโลเมตร) คำนวณได้จากความสูงของคลื่นซึ่งตรวจด้วยเครื่องมือตรวจความสั่นสะเทือนแบบวัด การขจัด (displacement) ได้แก่เครื่อง Wood Anderson ซึ่งมีค่ากำลังขยาย 2,800 เท่า ขนาดนี้นำเสนอโดย C. F Richter นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา ดังนั้นหน่วยของขนาด ML ที่ใช้จึงเป็น "ริคเตอร์" โดยนำค่าของความสูงของคลื่นที่สูงที่สุดของคลื่น S ซึ่งมีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 วินาที มาใช้ในการคำนวณ

- MB หรือ mb แสดงขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งใกล้และแผ่นดินไหวไกล (ระยะทางมากกว่า 1,000 กิโลเมตร) เรียกว่าขนาดของคลื่นภายใน (Body-wave magnitude) ในการคำนวณใช้คลื่นหลักได้แก่คลื่น P ที่มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 1.0-5.0 วินาที

- Ms แสดงขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวไกลและมีขนาดใหญ่ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าขนาดคลื่นผิวพื้น (Surface Magnitude) ในการคำนวณใช้คลื่นผิวพื้นที่มีความยาวช่วงคลื่นประมาณ 18-22 วินาที

- Mw ขนาดโมเมนต์ (Moment magnitude) เป็นปริมาณที่แสดงถึงปริมาณพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหวได้ดีกว่าขนาดชนิดอื่น สามารถวิเคราะห์ได้จาก โมเมนต์แผ่นดินไหว (Mo: Seismic Moment) โดยที่ Mo สามารถคำนวณได้จากหลายวิธี เช่น จากการวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวซึ่งค่อนข้างซับซ้อนหรือจากการสำรวจทางธรณีวิทยาเพื่อหาผลคูณของการขจัดของรอยเลื่อนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว (Fault displacement) และประมาณพื้นที่ของรอยเลื่อน (Fault surface area) ส่วนใหญ่ขนาด Mw ใช้สำหรับกรณีแผ่นดินไหวไกลที่มีขนาดใหญ่

ขนาด	สูตรคำนวณ	คลื่นแผ่นดินไหว	ความยาวช่วงคลื่น (วินาที)	การตรวจวัด
ML	$\log A - \log A_0$	S	0.1-1.0	displacement
MB,mb	$\log (A/T) + Q(h,D)$	P	1.0-5.0	velocity
Ms	$\log A + 1.66 \log D + 2.0$	Surface	20	velocity
Mw	$(2/3 \log M_0) - 10.7$	Surface	>200	velocity

ตารางที่ 2.2 แสดงการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

เมื่อ

$T$  = คาบของการสั่น

$A$  = แอมพลิจูดของการเคลื่อนที่ของคลื่น

$D$  = ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด

$h$  = ความลึก

ในการวิเคราะห์ค่าขนาดของแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะใช้ค่า Local Magnitude (ML) โดยค่าของ Body Magnitude (MB) กับ Local Magnitude (ML) มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$ML = MB + 0.4(MB - 6) \quad (2.1)$$

## 2.4 ค่าอัตราเร่งสูงสุดและแผนที่ความเร่งสูงสุด

การวิเคราะห์ค่าอัตราเร่งสูงสุดเพื่อนำไปใช้เป็นค่าอัตราเร่งสำหรับออกแบบอาคารต้านทานแรงแผ่นดินไหวโดยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า ทำได้โดยนำข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่เก็บได้มาผ่านกระบวนการวิเคราะห์ดังแสดงเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

### แบบจำลองหาอัตราเร่งที่ลดลงตามระยะทาง

ความเร่งของแผ่นดินไหวมีขนาดลดลงตามระยะทางที่คลื่นแผ่นดินไหวกระจายออกไปจากแหล่งกำเนิด ความเร่งของแผ่นดินไหวที่ระยะห่างจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหว สามารถหาได้จากแบบจำลองสำหรับอัตราเร่งที่มีขนาดลดลงตามระยะทาง (Attenuation Model) ดังนี้

$$\text{Log}A = b_1 + b_2M + b_3 \log(R + b_4) \quad (2.2)$$

โดยที่

$A$  = ค่าอัตราเร่งแผ่นดินไหว

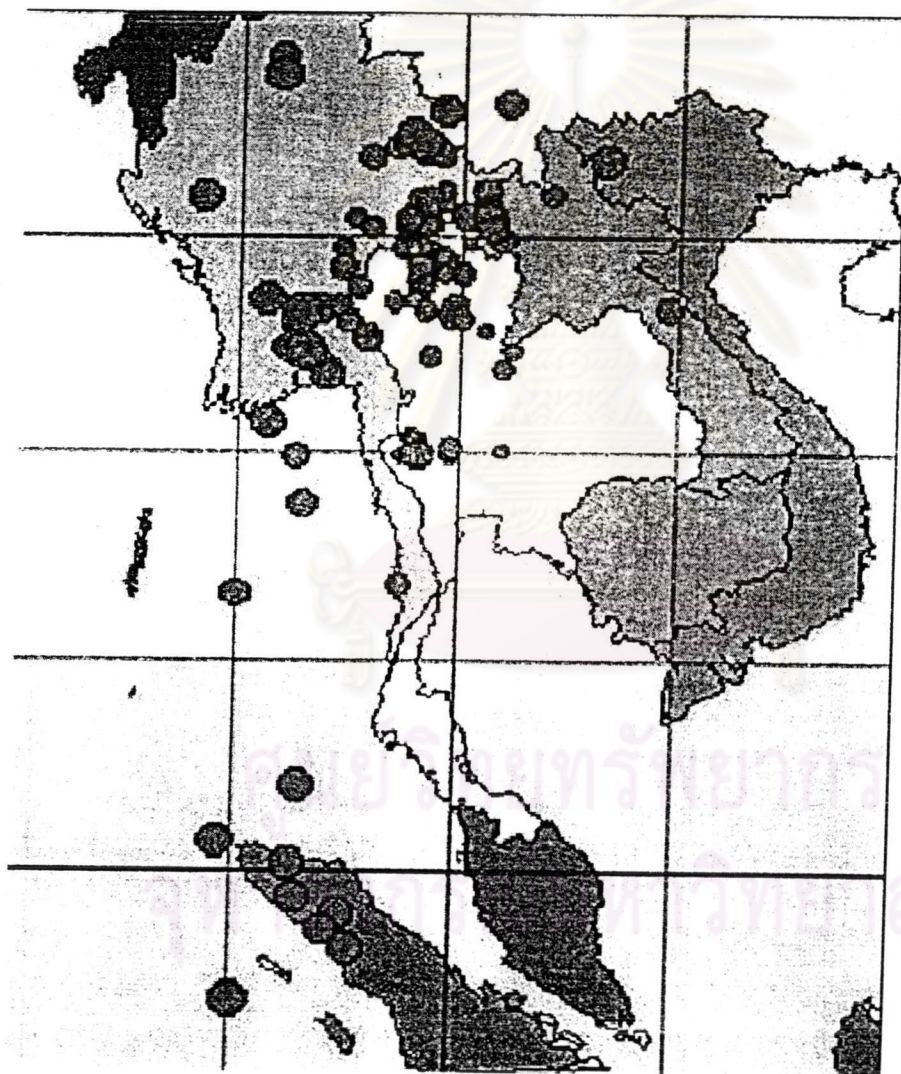
$b_1 - b_4$  = ค่าคงที่ๆ ขึ้นอยู่กับข้อมูลแผ่นดินไหวในพื้นที่นั้นๆ

$M$  = ขนาดของแผ่นดินไหวมีหน่วยเป็นริคเตอร์

$R$  = ระยะห่างจากจุดกำเนิดแผ่นดินไหว

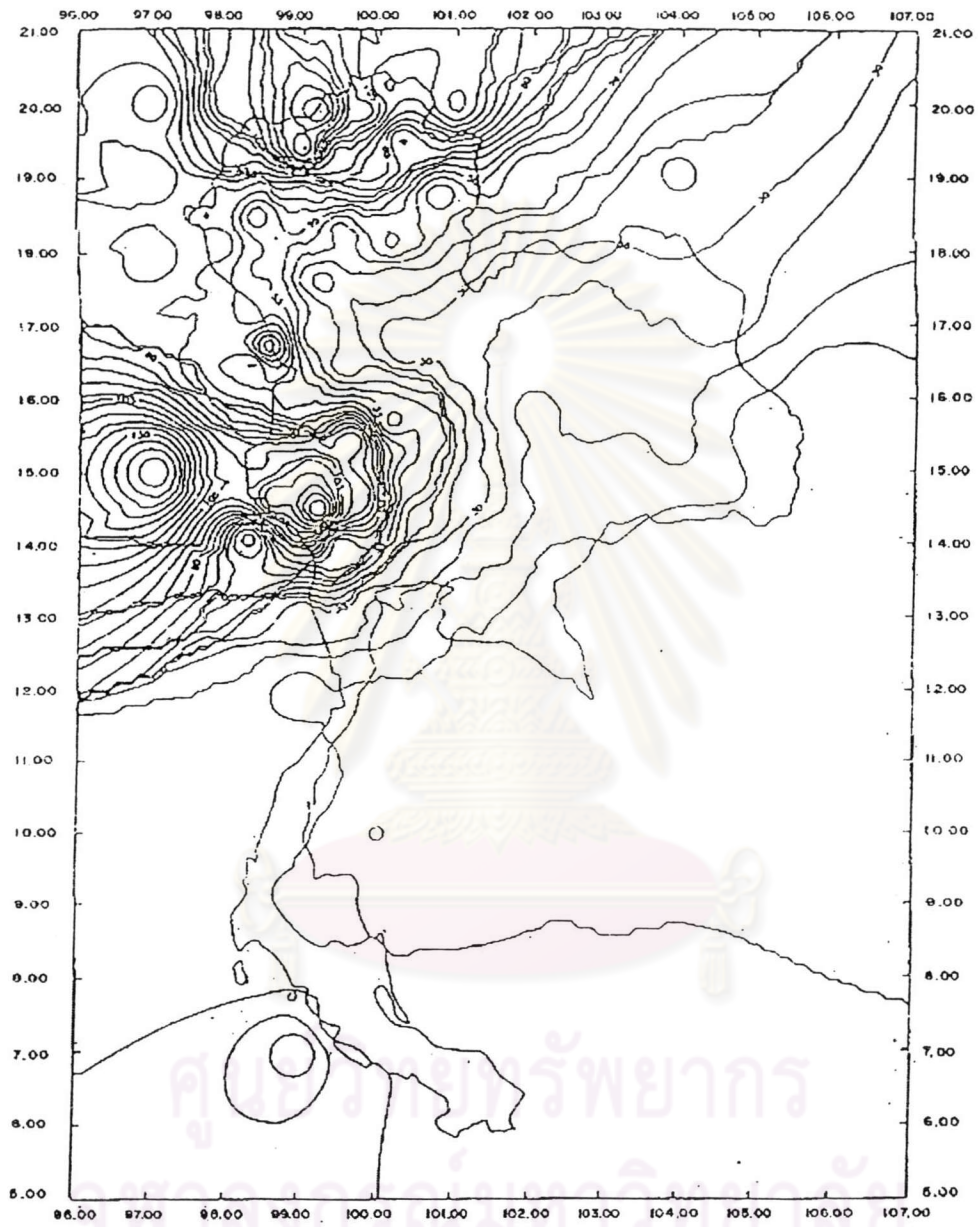
จากสมการอัตราเร่งที่มีขนาดลดลงตามระยะทางดังกล่าวเมื่อประกอบกับข้อมูลขนาดแผ่นดินไหวที่เดิศจริง ทำให้สามารถหาค่าคงที่  $b_1 - b_4$  ได้และได้มีการเสนอค่าสมการที่แตกต่างกันออกไป

จากการวิจัยของ ดร. ปริญญา [11] พบว่าแบบจำลองของ Esteva ให้ค่าสอดคล้องและใกล้เคียงกับค่าอัตราเร่งที่วัดได้จากสถานที่วัดแผ่นดินไหวที่เขื่อนศรีนครินทร์ และเขื่อนเขาแหลม และในปี พ.ศ. 2539 ปณิธานและนพดล [14] ก็เลือกใช้แบบจำลองของ Esteva ดังกล่าวเพื่อเป็นแบบจำลองสำหรับหาค่าความเร่งแผ่นดินไหวที่ลดลงตามระยะทาง ซึ่งงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าความเร่งแผ่นดินไหวที่ได้จากงานวิจัยของ นพดล จึงใช้แบบจำลองของ Esteva ในการหาอัตราเร่งที่ลดลงตามระยะทาง



รูปที่ 2.5 แผนที่แสดงตำแหน่งและขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 80 ปี  
(ค.ศ. 1910-1989)





รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงเส้นชั้นอัตราเร่งของค่าอัตราเร่งสูงสุดบวกค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลของการศึกษาข้อมูลในประวัติศาสตร์ นับย้อนหลังไปถึง 624 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ถึง ปี พ.ศ. 2527 จากแหล่งข้อมูลต่างๆ อาทิเช่น จากศิลาจารึก พงศาวดาร ปฐม บันทึกรวดจดหมายเหตุ หนังสือพิมพ์ เอกสารต่างๆ และข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปัจจุบันซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่องมือ และรายงานความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆ ของประเทศไทย ทำให้สามารถจัดทำแผนที่แสดงความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง แสดงดังรูปที่ 2.7 ซึ่งแสดงถึงเหตุการณ์ความรู้สึก ลักษณะของการสั่นไหวของวัตถุ ความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้างต่างๆ เขียนเป็นเส้นแสดงความรุนแรงสูงสุดที่ได้คัดเลือกจากข้อมูลดังกล่าว ข้อมูลนี้สามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรม การก่อสร้างในอนาคต ให้สามารถรับแรงที่เคยเกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวในอดีต ณ บริเวณที่สนใจ เพราะมีแนวคิดทางด้านแผ่นดินไหวว่า ในบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จะมีปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการเวียนเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว (Return Period) โดยแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะมีการเวียนเกิดซ้ำยาวนาน

## 2.5 พลังงานแผ่นดินไหว (Seismic Energy)

สามารถประมาณค่าได้จากขนาด mb และ Ms ด้วยสูตรง่ายๆ ของ Gutenberg และ Richter ดังนี้

$$\text{Log } E = 5.8 + 2.4 \text{ mb} \quad \text{หรือ} \quad \text{Log } E = 11.8 + 1.5 \text{ Ms}$$

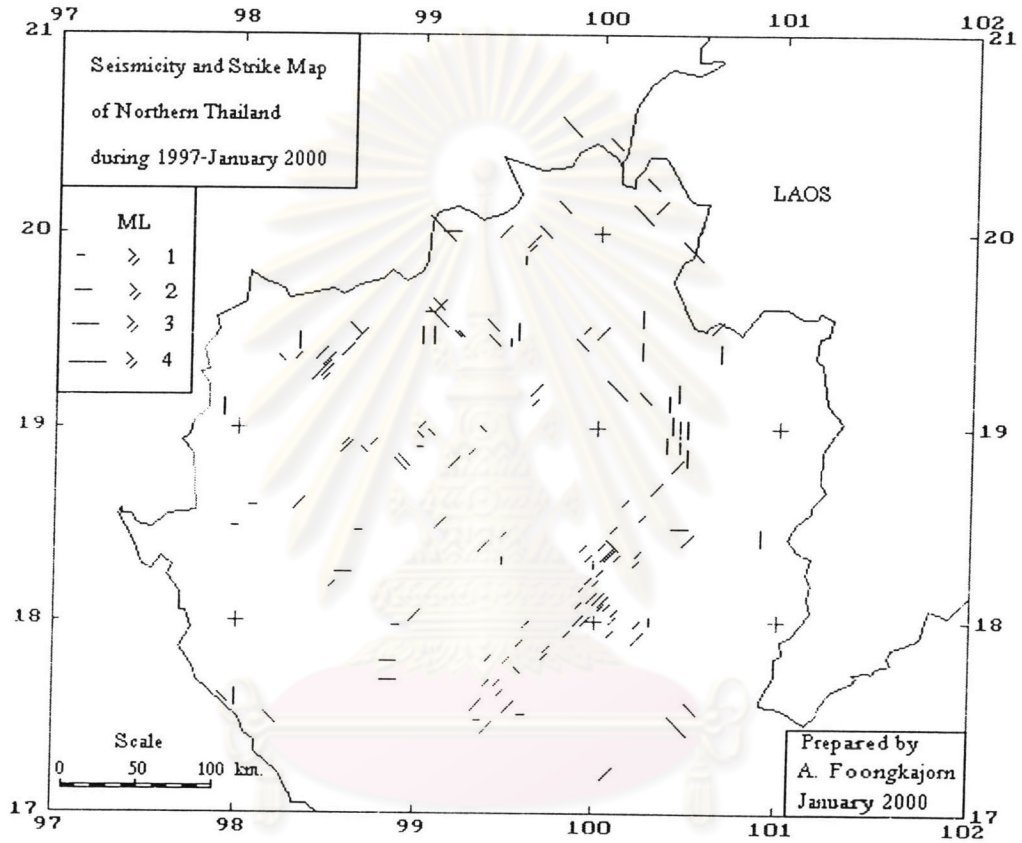
โดยทั่วไป เมื่อเกิดแผ่นดินไหว ณ ที่แห่งใดแห่งหนึ่งและส่งพลังงานออกไปรอบทิศ ค่าพลังงานของความสั่นสะเทือนจะลดทอนลงตามระยะทาง (Attenuation of Ground motion) ปัจจัยที่ทำให้เกิดการลดทอนของพลังงานได้แก่ เส้นทางเดินของคลื่นความสั่นสะเทือน ความลึกของแผ่นดินไหว ทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อน และสภาพธรณีวิทยา เช่น ในกรณีที่เดินทางในชั้นหิน พลังงานจะถูกลดทอนลงมากตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น แต่บางครั้งพลังงานอาจขยายมากขึ้นเมื่อเดินทางผ่านบริเวณที่เป็นดินอ่อน เนื่องจากมีความไวต่อการเคลื่อนที่ได้ดีกว่า ดังนั้นจึงมีปรากฏการณ์ของความเสียหายไม่เท่าเทียมกันของบริเวณต่างๆ แม้ว่าเกิดแผ่นดินไหวเหตุการณ์เดียวกัน บางครั้งสำหรับบริเวณที่ห่างจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวมากกว่าอาจได้รับความเสียหายมากกว่า บริเวณที่ใกล้ศูนย์กลางแผ่นดินไหว

## 2.6 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวหรือบริเวณตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะอยู่ตรงบริเวณ

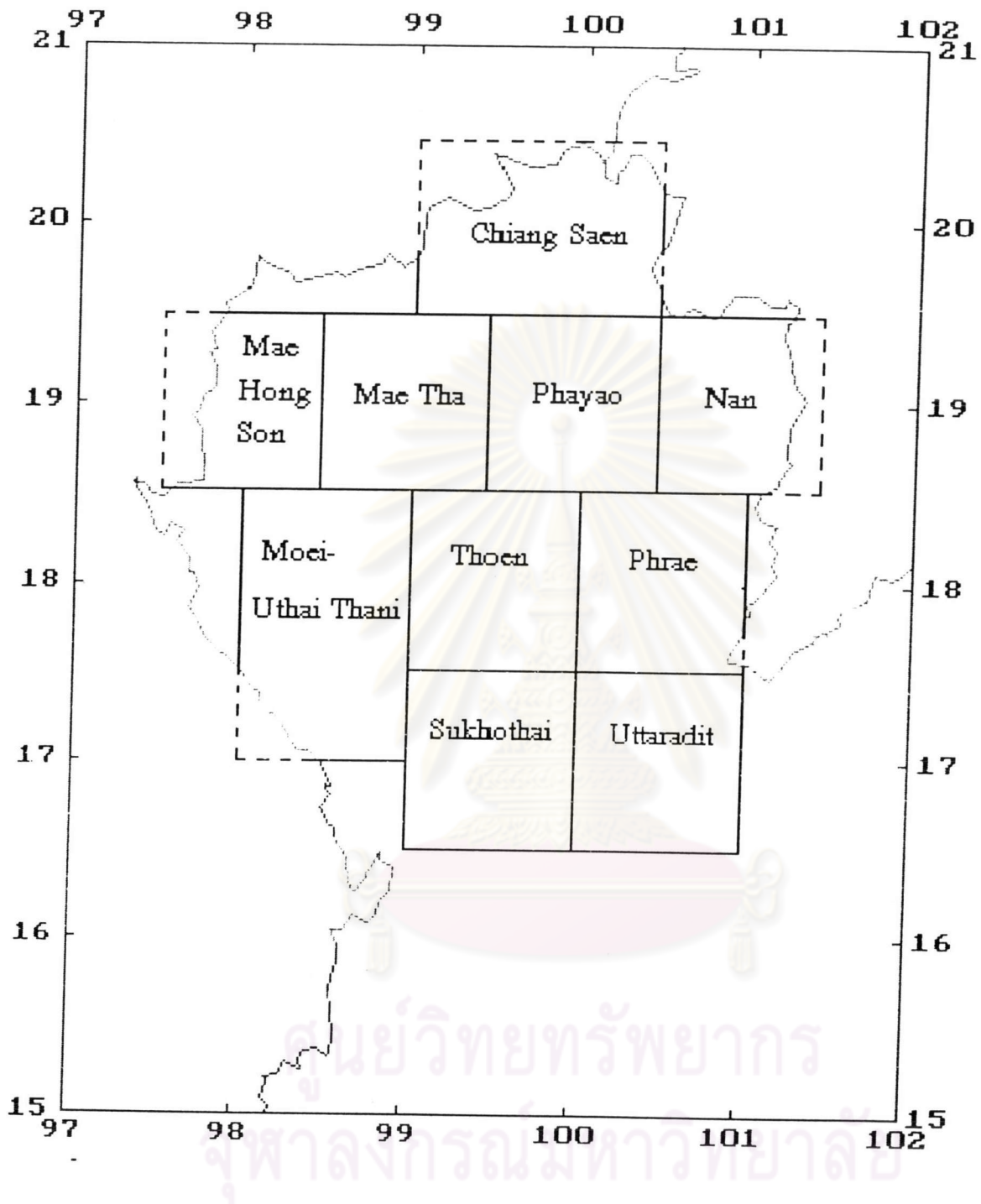
- แนวแผ่นดินไหวของโลก ตรงบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ในกรณีของประเทศไทย แนวแผ่นดินไหวโลกที่ใกล้ๆ ได้แก่ แนวในมหาสมุทรอินเดีย สุมาตรา และประเทศเมียนมาร์
- แนวรอยเลื่อนต่างๆ ในกรณีประเทศไทย ได้แก่ แนวรอยเลื่อนในประเทศเพื่อนบ้าน พม่า จีนตอนใต้ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แนวรอยเลื่อนภายในประเทศซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตก แสดงดังรูปที่ 2.8 ที่น่าสังเกตคือแนวรอยเลื่อนบางแห่งเท่านั้นมีความสัมพันธ์กับเกิดแผ่นดินไหว เช่นรอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อนแม่ทา รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนระนอง เป็นต้น
- บริเวณที่มนุษย์มีกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว เช่น เข้มือง เขื่อน บ่อน้ำมัน เป็นต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



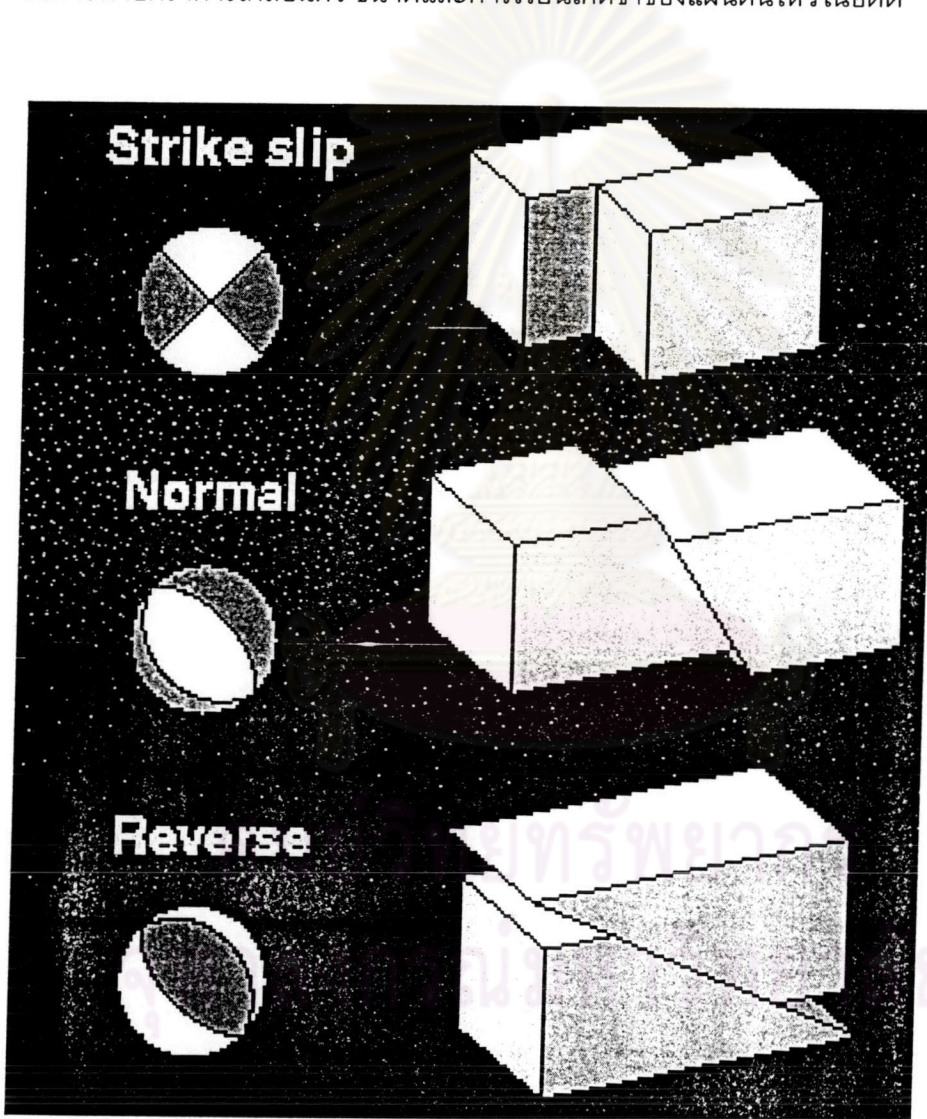
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.7 แผนที่แสดงความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย



รูปที่ 2.8 แสดงการแบ่งรอยเลื่อนบริเวณภาคเหนือของในประเทศไทย

รอยเลื่อนสามารถแบ่งออกตามลักษณะการเคลื่อนตัวในทิศทางต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เนื่องจากรอยเลื่อนในประเทศไทยมีด้วยกันหลายแนว แต่รอยเลื่อนโดยปกติจะมีไม่ใช่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทุกแนว มีเพียงแนวที่ยังเคลื่อนตัวได้ ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว พบว่าขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนจะมากหรือน้อยขึ้นกับความยาวของแนวรอยเลื่อนและระยะทางที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัวหรือระยะขจัด (Displacement) หากเคลื่อนตัวได้มากก็จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ เช่น แผ่นดินไหวขนาด 7 ริคเตอร์ อาจมีระยะขจัดประมาณ 1 เมตรหรือมากกว่า นอกจากนั้นการศึกษาลักษณะทางด้านธรณีวิทยาของรอยเลื่อนเป็นสิ่งจำเป็นในการหาอัตราการเคลื่อนตัว ขนาดและการเวียนเกิดซ้ำของแผ่นดินไหวในอดีต



รูปที่ 2.9 แสดงชนิดของรอยเลื่อน

## 2.7 สถิติแผ่นดินไหว

สถิติแผ่นดินไหวในประเทศไทยนั้นมีการรวบรวมข้อมูลในอดีตจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น ศิลาจารึก พงศาวดาร ปฐม จดหมายเหตุ หนังสือพิมพ์ และอื่นๆ โดยบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวเป็นความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) ส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายที่เกิด ในช่วงตั้งแต่ 624 ปีก่อนคริสต์ศักราช จนถึงราวปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมา จึงเริ่มมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือของเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศตรงบริเวณแนวรอยเลื่อนในภาคตะวันตกและภาคเหนือ กับแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดรอยเลื่อนบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน พม่า สาธารณรัฐประชาชนจีน ทะเลอันดามัน และบริเวณเกาะสุมาตรา โดยเฉลี่ยเกิดแผ่นดินไหวรู้สึกได้ประมาณ ปีละ 5-6 ครั้ง

## 2.8 การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายประเภทซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น เพื่อตรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กโลก ความสั่นสะเทือนของพื้นดิน ระยะการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก การเปลี่ยนแปลงของปริมาณก๊าซเรดอน การเปลี่ยนแปลงของค่าความเค้นของหิน (Stress) ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน ตรวจวัดระดับความลาดเอียง เป็นต้น

เครือข่ายตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วไปจะเป็นเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของอนุภาคดิน (Seismometer) มีวัตถุประสงค์โดยทั่วไปเพื่อหาตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว เวลาเกิด ขนาด และเครื่องมือตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerometer) เพื่องานด้านวิศวกรรม ข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการตรวจวัดนี้สามารถนำมาวิเคราะห์ลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว โครงสร้างของโลก ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว และอื่นๆ

เครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบโดยตรง ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงรายละเอียดของเครื่องมือและสถานียังตารางที่ 2.3 ทั้งระบบตรวจแบบดิจิทัลและอะนาล็อก

รหัส	สถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	ความสูง (เมตร)	ช่วงเวลา ดำเนินงาน	ระบบ (วัดความเร็ว)
CHG	เชียงใหม่ (A)	18 48 49.8	98 56 37.8	416	มี.ค. 1963- 1991	WWSSN
CHTO	เชียงใหม่ (D)	18 48 49.8	98 56 37.8	316	มี.ค. 1963	Digital,IRIS
SNG	สงขลา (A)	7 10 37.2	100 36 59.4	4	ต.ค. 1965	WWSSN
BDT	เขื่อนภูมิพล (A)	17 14 39.6	99 00 10.8	154	ม.ค. 1976	SPS,IHz
PCT	ปากช่อง (A)	14 40 51.0	101 24 39.6	360	ต.ค. 1978	SPS,IHz telemetry
NST	นครสวรรค์ (A)	15 40 21.6	100 07 58.8	34	ก.ย. 1982	SPS, IHz
KHT	เขื่อนเขาแหลม (A)	14 47 05.4	98 35 33.0	173.3	ต.ค. 1982	SPS, IHz
NNT	หนองพลับ (A)	12 35 23.4	99 44 01.8	106	พ.ย. 1982	SPS, IHz
LOE	เลย (A)	17 24 22.8	101 43 47.4	258.7	ธ.ค. 1984	SPS, IHz
KBR	กาญจนบุรี (A)	14 01 00.0	99 32 00.0	28	ธ.ค. 1986	SPS, IHz
UBT	อุบลราชธานี (A)	15 14 44	105 01 06.0	-	ธ.ค. 1993	SPS, IHz
PKT	ภูเก็ต (A)	8 04 48	98 11 24	-	ก.ค. 1994	SPS, IHz
NAN	น่าน (A)	18 48 00	100 42 00	264.03	ม.ค. 1995	SPS, IHz
CHA	จันทบุรี (A)	12 31 00	102 10 00	22.32	พ.ค. 1996	SPS, IHz
CHR	เชียงราย (A)	19 52 15.1	99 46 57.7	380	ก.ค. 1996	SPS, IHz
CH	เชียงราย (D)	15 52 39	99 46 26	380	พ.ค. 1998	L4C,SSA-320
MA	แม่ฮ่องสอน (D)	19 16 13	97 58 14	180	พ.ค. 1998	L4C,SSA-320
TA	ตาก (D)	17 14 37	99 0 8	40	พ.ค. 1998	L4C,SSA-320
PH	แพร่ (D)	18 29 56	100 13 45		พ.ค. 1998	CMG-40, SSA-320
KH	ขอนแก่น (D)	16 20 16	102 49 23	140	พ.ค. 1998	CMG-40, SSA-320
KA	กาญจนบุรี (D)	14 23 40	99 7 17	190	พ.ค. 1998	CMG-40, SSA-320
LO	เลย (D)	17 24 35	101 43 47	230	พ.ค. 1998	L4-C,SSA-320
PA	ปากช่อง (D)	14 38 37	101 19 05	300	พ.ค. 1998	L4-C,SSA-320
NO	หนองพลับ (D)	12 35 25	99 44 0	40	พ.ค. 1998	L4-C,SSA-320
SU	สุราษฎร์ธานี (D)	9 8 41	99 38 0	3	พ.ค. 1998	L4-C,SSA-320
SO	สงขลา (D)	7 10 32	100 36 56	10	พ.ค. 1998	L4-C,SSA-320

A = Analog, D = Digital

ตารางที่ 2.3 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา



ปัจจุบันเครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาได้ปรับปรุงเพิ่มเติมระบบการตรวจวัดจากเดิมระบบอะนาล็อกเป็นระบบดิจิทัลโดยส่งผ่านสัญญาณด้วยระบบสื่อสารดาวเทียมแบบเวลาจริงและทางสายโทรศัพท์ในระบบ Trigger โดยมีศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลแบบอัตโนมัติ ณ ส่วนกลางกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 2.10 ซึ่งแสดงรายละเอียดเครื่องมือทั้งหมดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีเครือข่ายการตรวจวัดความสั่นได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีเครือข่ายและเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวบริเวณเขื่อนต่างๆ ด้านตะวันตกภาคเหนือ และภาคใต้ของประเทศ อีกหน่วยงานหนึ่งได้แก่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือมีเครือข่ายมีลักษณะเป็นแบบ Array มีวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบความสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากการทดสอบนิวเคลียร์ใต้พื้นดินและตำแหน่งของแผ่นดินไหวใกล้

การกำหนดตำแหน่งสถานีของเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวนั้นสิ่งที่คำนึงถึงคือ

1. รูปแบบของตำแหน่งสถานีควรมีลักษณะเป็นสามเหลี่ยมของกันและกันโดยมีแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวเช่น แนวรอยเลื่อน

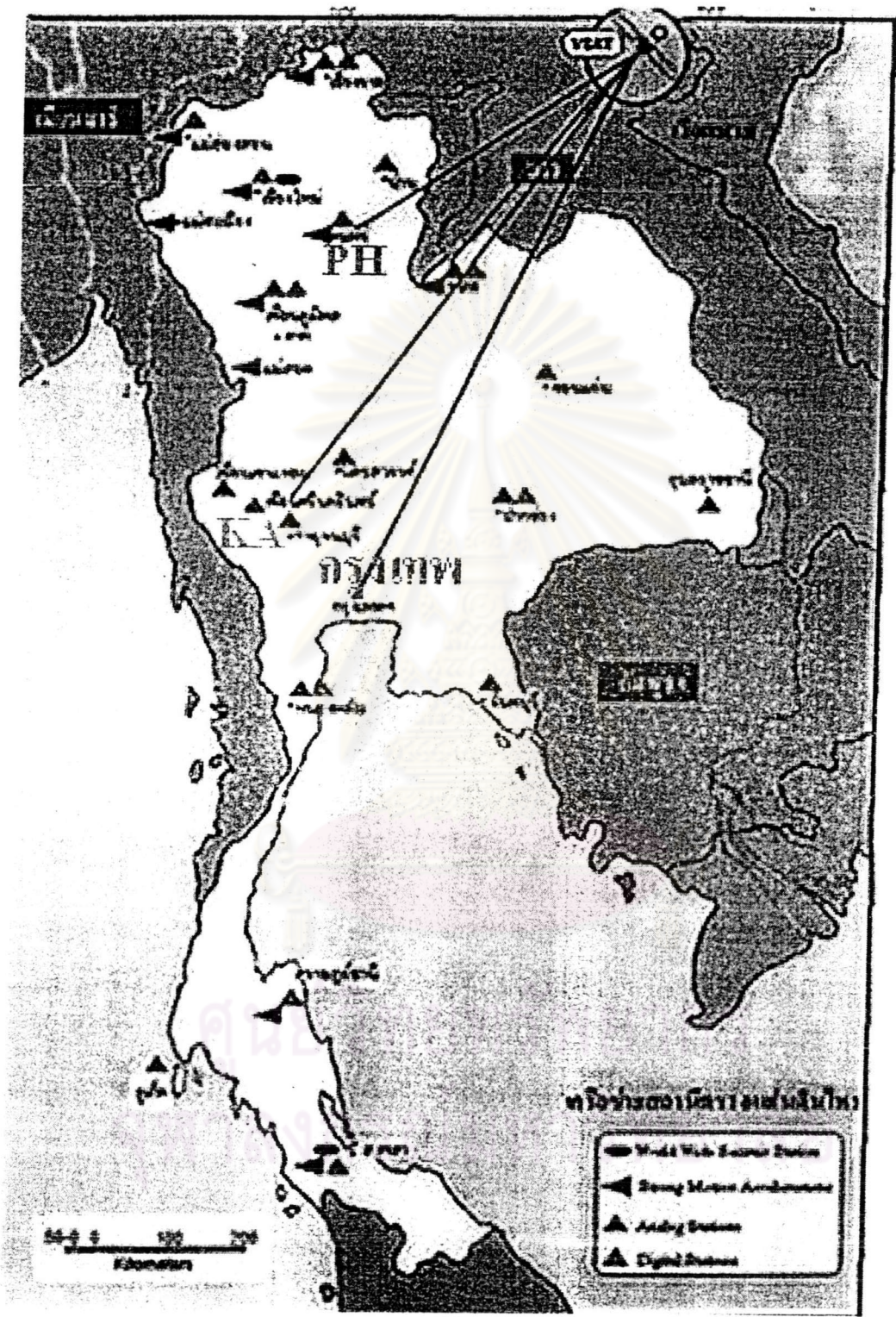
2. ระยะห่างควรอยู่ในรัศมีประมาณ 300 กิโลเมตร และควรคำนึงถึงการวิเคราะห์ตำแหน่งแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวในระดับ Micro Zonation ในบริเวณที่เป็นชุมชนซึ่งมีสภาพทางธรณีวิทยาสามารถขยายความรุนแรงแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้นได้

3. จุดตั้งสถานีต้องมีความเงียบหรือมี Ground Noise ต่ำ มีสภาพทางธรณีวิทยาที่เหมาะสม กรณีที่ดีที่สุดคือตั้งเครื่องมือไว้บนพื้นหิน สถานีควรอยู่ห่างจากแหล่งต้นเหตุของความสั่นสะเทือนที่ผิวพื้น เช่น การจราจรที่หนาแน่น น้ำตก แม่น้ำ ทะเล และควรอยู่ให้ห่างไกลสิ่งที่ยกวนทางด้าน อิเล็กทรอนิกส์ เช่น สายไฟฟ้าแรงสูง เสารับส่งวิทยุ

4. ในบริเวณที่ตั้งสถานีต้องมีความพร้อมในเรื่องของการสื่อสาร เช่น มีคู่สายโทรศัพท์

5. ในบริเวณที่ตั้งต้องมีแหล่งพลังงาน เช่น ไฟฟ้า

6. มีเส้นทางคมนาคมที่สามารถเข้าถึงตำแหน่งสถานี

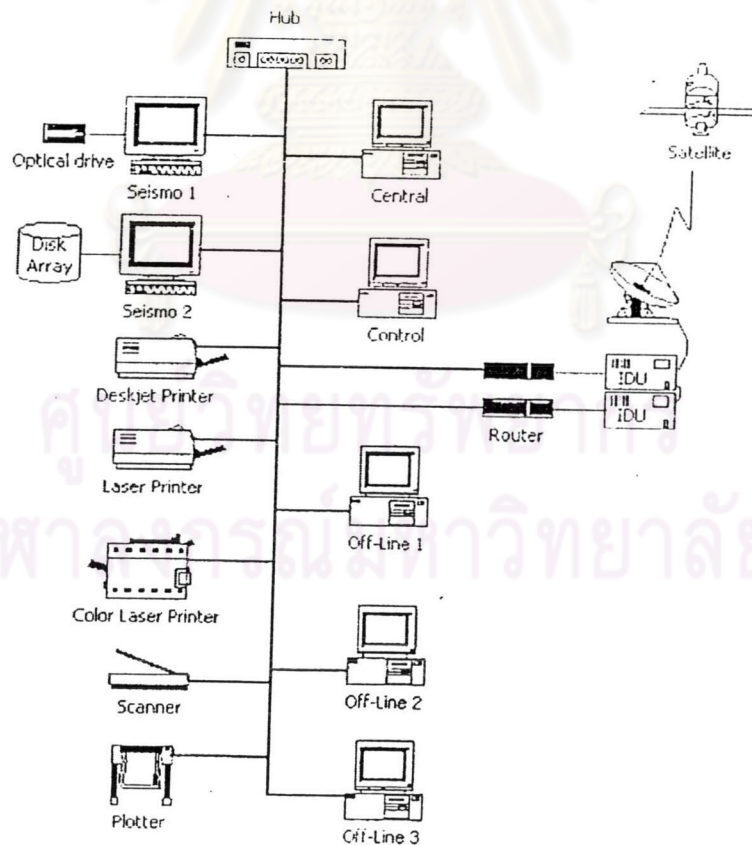


รูปที่ 2.10 เครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวอัตโนมัติในประเทศไทย

### 2.8.1 ลักษณะของเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวอัตโนมัติ

เครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวระบบอัตโนมัติ (Reftek System) ได้แบ่งออกไว้เป็น 2 ส่วน คือ

- 1) สถานที่ที่ตั้งส่วนกลาง(central) จำนวน 1 สถานที่ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพมหานคร โดยมีเครื่องมือและอุปกรณ์ประกอบไปด้วย
  - transmission system
  - central PC (receives data from regional station, performs pre-data analysis, data archive)
  - control PC (station control, station parameter, executes outgoing command, displays regional status)
  - GPS (true time)
  - Printer



รูปที่ 2.11 รูปแสดงเครื่องมือ tmd central network station



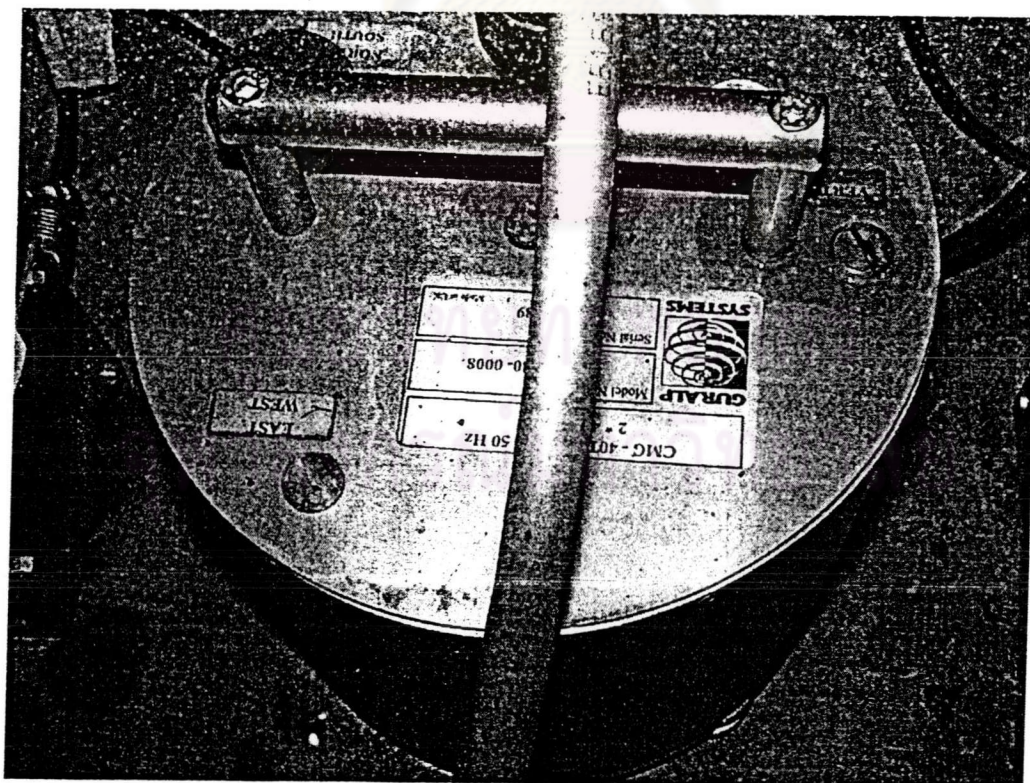
เครื่องมือวัดแผ่นดินไหวอัตโนมัติ จะมี 2 แบบ

1. แบบ long period (จะใช้ sensor channel 4 – 6 เป็นแบบ cmg –40t )
2. แบบ short period (จะใช้ sensor channel 4 – 6 เป็นแบบ L4 –3d )

หมายเหตุ channel 1-3 จะแบบ ssa –320 เหมือนกัน

## 2.8.2 การทำงานของเครื่องระบบตรวจวัดแผ่นดินไหวอัตโนมัติ

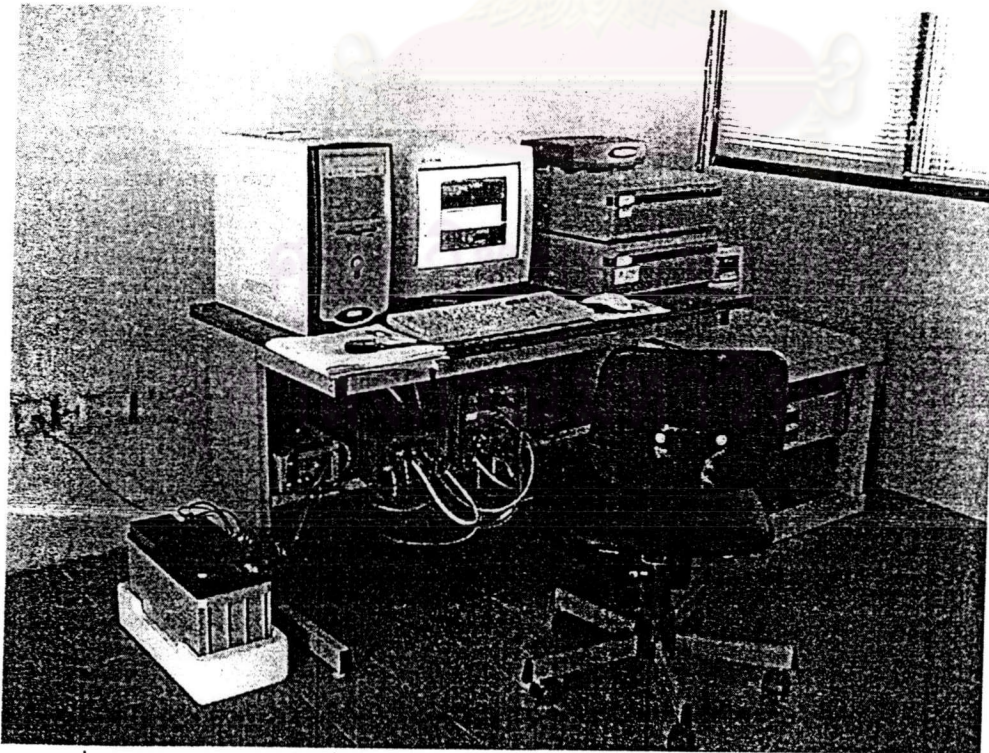
sensor จะเป็นตัวจับสัญญาณแผ่นดินไหว ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.12 แล้วส่งต่อไปยังเครื่อง DAS ( data Acquisition systems ) ทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ในรูปแฟ้มข้อมูล ( file ) ซึ่งจะแยกเป็น stream 1 , 2 , 3 แล้วจะเก็บไว้ใน DISK SCSI หลังจากนั้น PC จะทำการ copy file ใน DISK SCSI โดยโปรแกรม command server ส่งผ่าน satellite มายัง ส่วนกลาง ซึ่งส่วนกลางจะมีเครื่อง central เป็นตัวรับข้อมูล โดยจะมีโปรแกรม PACHUB เป็น ตัวรับ stream 1 , 2 และโปรแกรม MERGE เป็นตัวรับ stream 3 ซึ่งเครื่อง central จะเป็นตัว แปลง file ที่เข้ามาเป็นกราฟคลื่นแผ่นดินไหว โดยใช้โปรแกรมอาทิ PCSUDS,SUDSPLOT,SUDSDRUM ฯลฯ ส่วนเครื่อง control จะทำหน้าที่ แสดงสถานะของ เครื่องสถานีต่างๆ



รูปที่ 2.13 รูปแสดง sensor ที่เป็นตัวจับสัญญาณแผ่นดินไหว

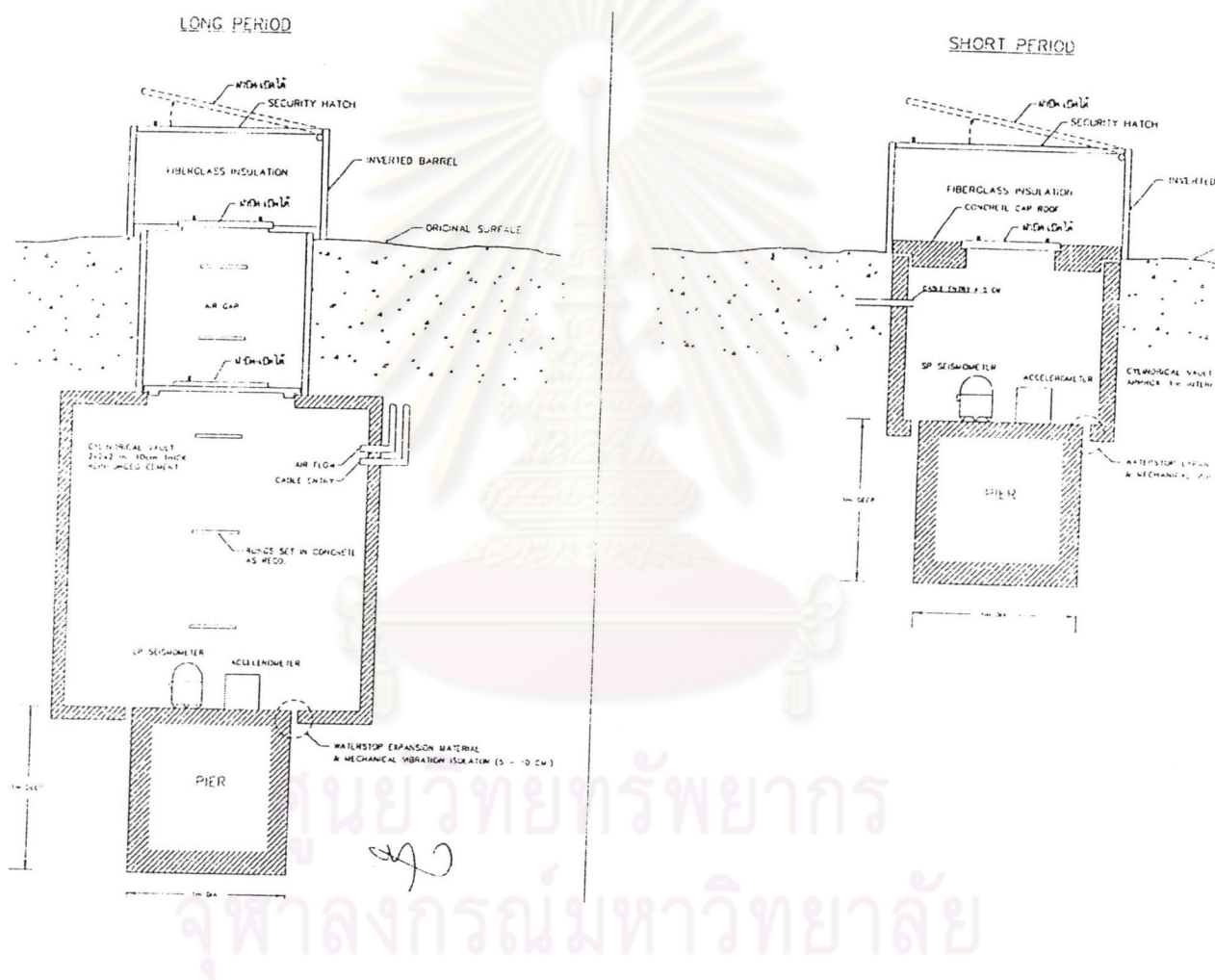


รูปที่ 2.14 รูปแสดงที่ตั้ง sensor ที่เป็นตัวจับสัญญาณแผ่นดินไหว



รูปที่ 2.15 รูปแสดง DAS ที่สถานีตรวจวัดส่วนภูมิภาค

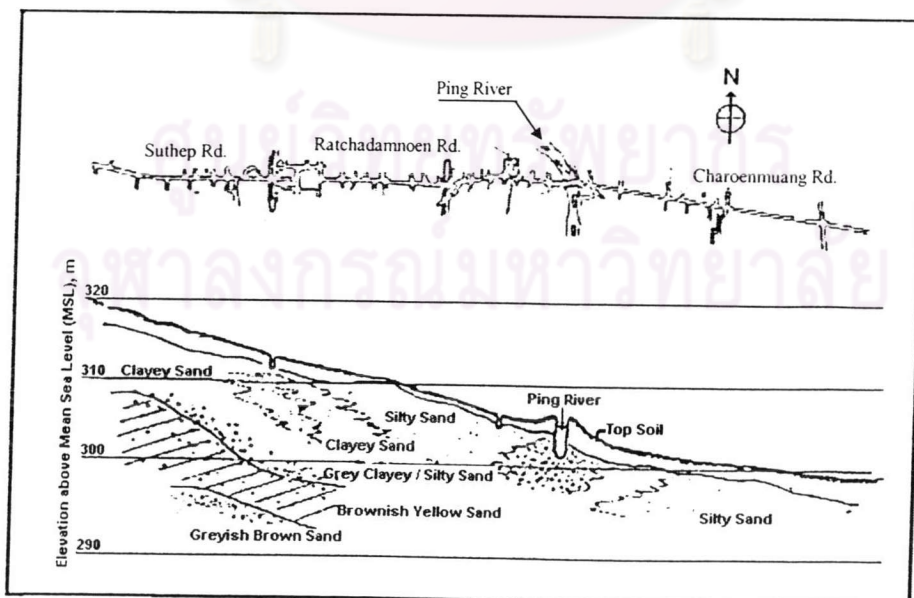
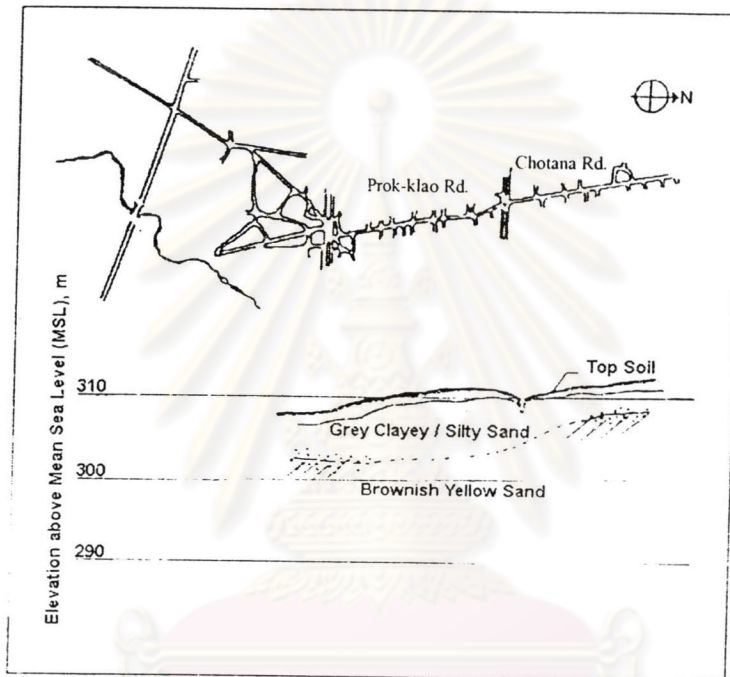
แบบแสดงการติดตั้ง SENSOR ภายใน HOUSING แบบ Short Period และ Long Period  
(HOUSING แบบ ข.)



รูปที่ 2.16 รูปแสดง รูปแบบของที่ตั้ง sensor ชนิดแบบ long period (ซ้าย) short period (ขวา)

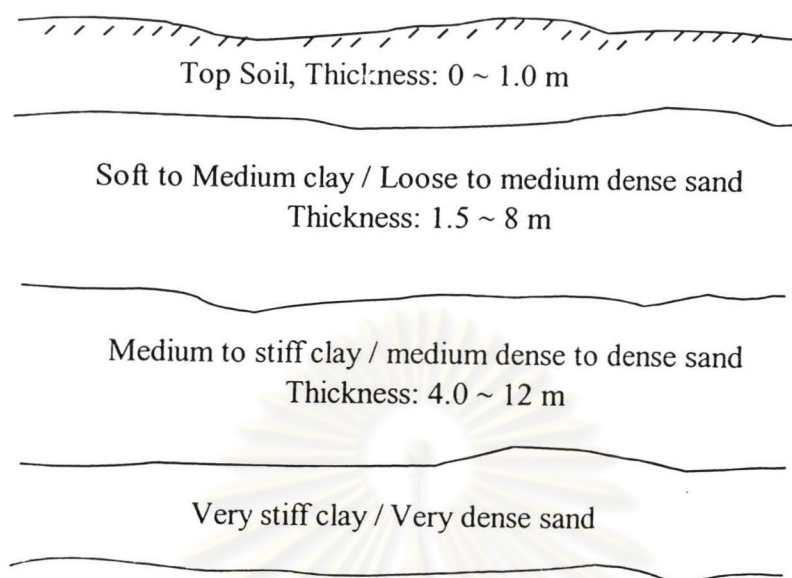
### 2.8.3 ลักษณะทั่วไปของชั้นดิน

ในการทำวิจัยครั้งนี้จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นส่วนมากจะตรวจวัดได้ในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดเชียงรายเป็นส่วนมากดังนั้นลักษณะของชั้นดินในบริเวณที่เกิดเหตุการณ์จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นโดยลักษณะชั้นดินของบริเวณจังหวัดเชียงใหม่และเชียงรายดูได้จากรูปที่ 2.17 – รูปที่ 2.18



รูปที่ 2.17 แสดงรูปตัดของชั้นดินที่บริเวณจังหวัดเชียงใหม่





รูปที่ 2.17 แสดงรูปตัดของชั้นดินที่บริเวณจังหวัดเชียงราย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย