ความรู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

FUNDAMENTAL SEISMOLOGY

บุรินทร์ เวชบรรเทิง
สำนักแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา
Burin Wechbunthung
Seismological Bureau
Meteorological Department

บทคัดย่อ

ภัยแผ่นดินไหวเป็นภัยธรรมชาติที่มีก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรุนแรง การศึกษาความรู้พื้นฐานเรื่องแผ่นดินไหว ทำให้ทราบถึงธรรมชาติของ สาเหตุการเกิด ตลอดจนลักษณะความรุนแรงของภัยแผ่นดินไหว ที่สามารถส่งผลกระทบได้กว้างไกล ลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวทั้งภายในและภายนอกประเทศไทย สถิติแผ่นดินไหวในอดีตและผลการตรวจวัดด้วยเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวในปัจจุบัน ทำให้ทราบว่าประเทศไทยมิได้ปลอดภัยจากภัยแผ่นดินไหว การวางแผนมาตรการป้องกันและบรรเทาภัยทั้งในระยะสั้นและระยะยาวที่มีประสิทธิภาพ มีส่วนสนับสนุนความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศโดยส่วนรวม ปัจจุบันกรมอุตุนิยมวิทยาจึงเริ่มพัฒนาระบบตรวจวัดความสั่นสะเทือนของประเทศไทยให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นและมีมาตรฐานขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นสำหรับ งานวิศวกรรม ธรณีวิทยา งานวางแผนการใช้ประโยชน์ของพื้นดิน และงานวิจัยอื่นๆ อีกทั้งมีกิจกรรมแผนงาน นโยบาย ด้านแผ่นดินไหวดำเนินโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ส่งเสริมและจัดการภัยแผ่นดินไหวอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น

ภัยธรรมชาติหลายประเภทก่อให้เกิดภัยต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์เป็นจำนวนมากในแต่ละปี จากการสังเกตศึกษาและทำความเข้าใจ คุณลักษณะของภัยในแต่ละชนิดจึงเป็นไปเพื่อ การหลีกเลี่ยง ป้องกัน และบรรเทาภัย ต่อความอยู่รอดของมนุษย์เอง ปัจจุบันการศึกษาภัยธรรมชาติบางชนิดเป็นไปอย่างกว้างขวาง และมีประสิทธิภาพ เช่น ภัยทางด้านอุตุนิยมวิทยา พายุ ฝนฟ้าคะนอง น้ำท่วม เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากมีการพัฒนาทั้งทางด้านทฤษฎี และเครื่องมือตรวจวัดข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เครือข่ายตรวจวัดทั่วโลกและระบบสื่อสารคมนาคมที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการต่อภัยที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและมีแผนงาน แต่ยังมีภัยธรรมชาติบางชนิด เช่น ภัยแผ่นดินไหว ซึ่งท้าท้ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจอย่างมาก ทั้งนี้เพราะลักษณะทางธรรมชาติของแผ่นดินไหวนั้นเกิดอยู่ใต้พื้นโลกหลายสิบกิโลเมตรและอาจถึงหลายร้อยกิโลเมตร ความยากลำบากในการศึกษาจึงเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ แม้ว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งทางด้านทฤษฎีตลอดจนเครือข่ายและเครื่องมือต่างๆ ประจำอยู่ทั่วโลก เช่น เครื่องตรวจวัดความสั่นสะเทือนที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ก็เพียงสามารถตรวจวัดได้จากบนพื้นผิวโลกเท่านั้น การวิเคราะห์ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ใต้พื้นโลก (Hypocenter) จึงเป็นในลักษณะตรวจสอบหรือวิเคราะห์ย้อนกลับจากผลการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวบนผิวโลก คลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งจึงทำหน้าที่คล้ายกับรังสีเอ็กซ์ (X-rays) ตรวจสอบโครงสร้างของโลก ลักษณะทางธรณีวิทยา การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก เป็นต้น การหักเหและการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวต่อลักษณะทางกายภาพของโลก สามารถทำให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของภัยแผ่นดินไหว ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นดินไหวมุ่งเน้นไปในหลายรายละเอียด แต่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 โดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อได้แก่ การศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว และ การศึกษาโครงสร้างของโลก

ตารางที่ 1 หัวข้อการศึกษาวิชาแผ่นดินไหวในปัจจุบัน

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว	โครงสร้างของโลก
1. การหาตำแหน่ง ศูนย์กลางแผ่นดินไหว (ละติจูด ลองจิจูด ความลึก เวลาเกิด) 2. การปลดปล่อยพลังงาน(ขนาด โมเมนต์ของแผ่น ดินไหว) 3. ชนิดของแหล่งกำเนิด(แผ่นดินไหว ระเบิด) 4. ลักษณะรอยเลื่อน(รูปร่าง พื้นที่ การขจัด การเคลื่อนตัว) 5. แรงเค้น(Stress)ของรอยเลื่อนและพื้นโลก 6. การพยากรณ์แผ่นดินไหว 7.การวิเคราะห์เรื่องแผ่นดินถล่ม (Landslide)และภูเขาไฟระเบิด	1 .การแบ่งชั้นของโลก(เปลือกโลก แมนเทิล แกนโลก) 2. ความแตกต่างระหว่างพื้นทวีปและมหาสมุทร 3. รูปร่างของ subduction zone 4. โครงสร้างและการแบ่งชั้นของเปลือกโลก 5.ลักษณะกายภาพในแต่ละชั้น(เป็น ของเหลว ของแข็ง) 6. ความเปลี่ยนแปลงในชั้นเปลือกโลก 7. ลักษณะของรอยต่อ 8. การแปลความหมายขององค์ประกอบและความร้อนภายในโลก

ปัจจุบันความตื่นตัวในการศึกษาวิชาแผ่นดินไหว (Seismology) เป็นไปอย่างกว้างขวางในระดับนานาชาติไม่เพียงเฉพาะนักแผ่นดินไหว (Seismologist) เท่านั้น แต่ยังเป็นที่สนใจของบรรดาวิศวกรเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการก่อสร้างให้มีความปลอดภัยเพิ่มขึ้น ความรู้พื้นฐานด้านแผ่นดินไหวที่วิศวกรควรทำความเข้าใจ ได้แก่

1. สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว
2. ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว
3. ปริมาณสำหรับการวัดแผ่นดินไหวเช่น ขนาด ความรุนแรงแผ่นดินไหว พลังงาน
4. แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว
5. การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ
6. สถิติแผ่นดินไหว
7. องค์ประกอบที่เพิ่มความเสียหาย
8. แหล่งข้อมูลแผ่นดินไหว
9. การจัดระบบป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหว

1. สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

การเกิดแผ่นดินไหวอาจมีด้วยกันหลายสาเหตุซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

เกิดภายในโลก	เกิดภายนอกโลก	ทั้งภายในและภายนอกโลก
แผ่นดินไหวเกิดจากรอยเลื่อน ระเบิดใต้ดิน การไหลหมุนเวียนของน้ำใต้ดิน การเคลื่อนตัวของหินหลอม ละลาย การเปลี่ยนแปลงสถานะใต้ดิน การทำเหมือง การยุบตัวใต้ดิน	ลม ความดันบรรยากาศ คลื่นในทะเล น้ำขึ้นหรือลง ความสั่นสะเทือนจากกิจกรรม ของมนุษย์เช่น จราจร ระเบิด เป็นต้น การชนของอุกาบาต	การระเบิดของภูเขาไฟ แผ่นดินถล่ม

ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยธรรมชาติ

-แผ่นดินไหวเกิดจากแรงภายในเปลือกโลก (Tectonic Earthquake)

-แผ่นดินไหวเกิดจากภูเขาไฟระเบิด (Volcano Eruption)

-แผ่นดินไหวเกิดจากการยุบตัวหรือพังทลายของโพรงใต้ดิน (Implosion)

-ความสั่นสะเทือนจากคลื่นมหาสมุทร (Oceanic Microseism)

ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยการกระทำของมนุษย์

-เหตุการณ์ที่ควบคุมได้ เช่น การระเบิด หรือจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น การจราจร เครื่องจักร เครื่องยนต์ การระเบิดบนพื้นผิวหรือใต้ดิน เป็นต้น

-แผ่นดินไหวจากการกระตุ้น (Induced or Tiggered Events) เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำ การทำเหมือง การฉีดของเหลวลงใต้ดิน เป็นต้น

โดยทั่วไปแผ่นดินไหวที่ทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์เป็นจำนวนมากได้แก่ แผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากแรงเทคโทนิคในเปลือกโลก ปัจจัยที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวเนื่องจากแรงเทคโทนิคนี้ได้แก่

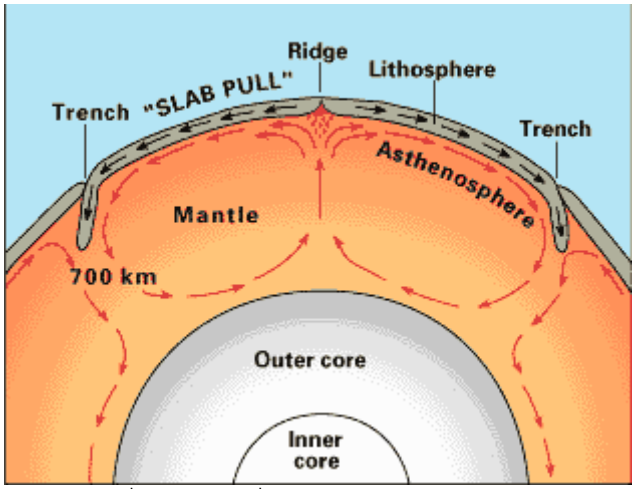
ก. ลักษณะโครงสร้างของโลก ซึ่งสามารถแบ่งได้คร่าวๆ เป็น 3 ส่วน คือ

-ส่วนที่เป็นแกนโลกอยู่ลึกที่สุดและมีอุณหภูมิสูงมากซึ่งเป็นต้นกำเนิดทำให้ชั้นหินหลอมละลายมีการเคลื่อนตัว

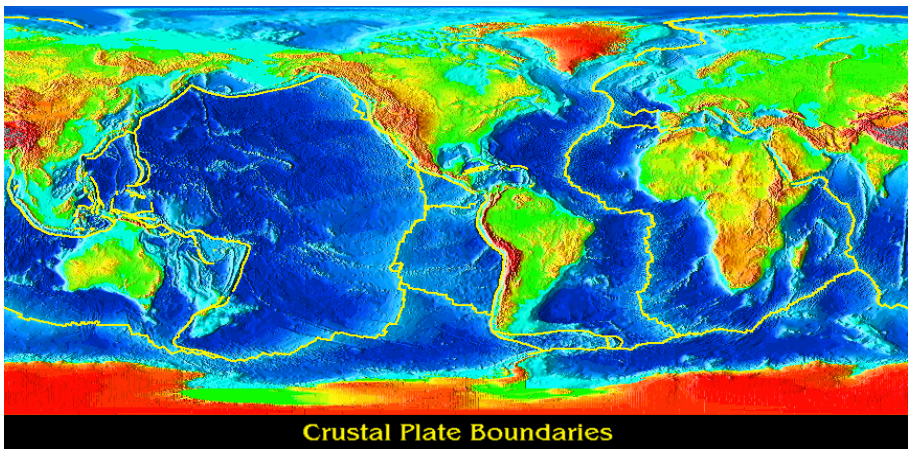
-ส่วนที่เป็นชั้นหินหลอมละลาย เป็นของแข็งแต่มีคุณสมบัติของการเคลื่อนตัวคล้ายของเหลว แต่มีความเร็วช้ามากอยู่ในระดับหลายเซนติเมตรต่อปี

-ส่วนที่เป็นเปลือกโลก เปลือกโลกที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีความหนาน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของโลก และไม่ได้เป็นชิ้นเดียวกัน แบ่งออกเป็นชิ้นใหญ่ๆได้ประมาณ 10 ชิ้น

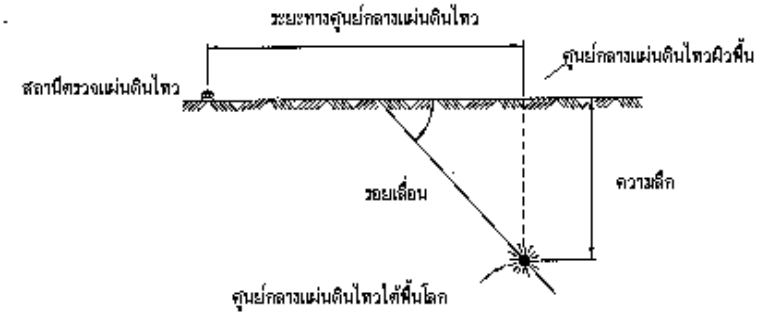
ข. การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกชิ้นต่างๆ เนื่องจาก ชั้นหินหลอมละลายได้รับพลังงานความร้อนจากแกนโลกและลอยตัวขึ้นผลักดันเปลือกโลกอยู่ตลอดเวลาดังรูปที่ 1 เปลือกโลกแต่ละชิ้นจะมีทิศทางการเคลื่อนตัวต่างๆ กัน พร้อมกับสะสมพลังงานไว้ภายใน บริเวณตรงขอบของเปลือกโลกจึงเป็นส่วนที่มีการชนกันหรือเสียดสีกันหรือแยกจากกัน หากบริเวณขอบของชิ้นเปลือกโลกใดๆ ที่ไม่สามารถทนแรงอัดได้ก็จะแตกหักและมีการเคลื่อนตัวโดยฉับพลัน หรือบางครั้งผลักดันให้เปลือกโลกอีกชิ้น คดโค้งต่อจากนั้นเมื่อสะสมพลังงานมากก็จะดีดตัวกลับเพื่อรักษาสมดุลย์ กระตุ้นให้เกิดความสั่นสะเทือนแผ่กระจายไปทุกทิศทาง บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกเป็นบริเวณแนวแผ่นดินไหวของโลกดังรูปที่ 2 หากพาดผ่านหรืออยู่ใกล้กับประเทศใด ประเทศนั้นจะมีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหวค่อนข้างสูง เช่น ประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ชิลี สหรัฐอเมริกา เป็นต้น นอกจากนั้นแรงที่สะสมในเปลือกโลกยังถูกส่งผ่านเข้าไปในพื้นทวีปตรงบริเวณรอยร้าวของหินใต้พื้นโลกหรือที่เรียกว่า รอยเลื่อน (Fault) ในกรณีที่รอยเลื่อนใดๆ ไม่สามารถทนแรงที่บดอัดได้ก็จะมีการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลันเช่นกัน เพื่อปรับความสมดุลย์ของแรง กระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว กระจายคลื่นความสั่นสะเทือนไปทุกทิศทาง เรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวภายในเปลือกโลกใต้พื้นดินว่า ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่แท้จริง (Hypocenter) และเรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวตรงผิวพื้นข้างบนซึ่งสามารถกำหนดพิกัดเป็นตำบลที่ ละติจูดและลองจิจูด ว่าศูนย์กลางแผ่นดินไหวบนผิวพื้น (Epicenter) แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 1 การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลาย ภายในโลก



รูปที่ 2 **แนวแผ่นดินไหวของโลก**



รูปที่ 3 Hypocenter และ Epicenter

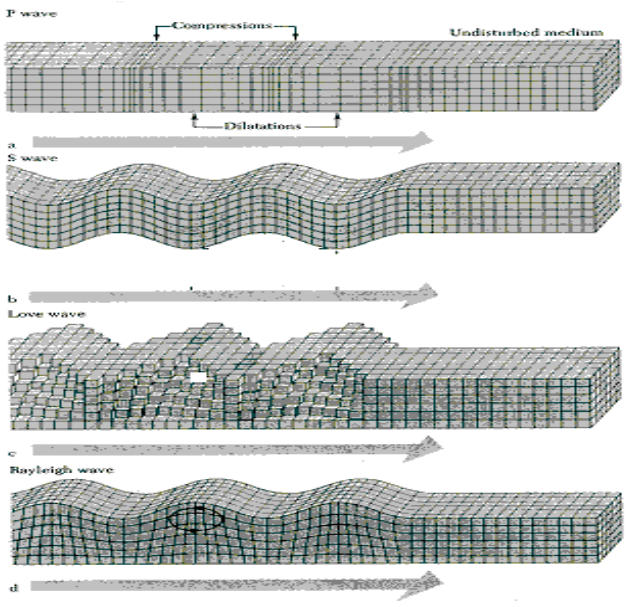
2. ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

ความสั่นสะเทือนของพื้นดินนั้นมีลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคหินหรือดินแบบ 3 มิติ คือสามารถวัดการเคลื่อนตัวในแนวระนาบของทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก และแนวดิ่ง ทั้งนี้คลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน 2 แบบได้แก่ แบบวัดความเร็วของอนุภาคดินหรือหิน (Seismograph)ซึ่งสามารถวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวเพื่อการกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ขนาด เวลาเกิด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของโลก ลักษณะของแนวรอยเลื่อน กลไกการเกิดแผ่นดินไหว และแบบวัดอัตราเร่งของพื้นดินได้แก่ เครื่องวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerograph) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว ในบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

คลื่นแผ่นดินไหวแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

-คลื่นหลัก (Body Wave)เป็นคลื่นที่เดินทางอยู่ภายใต้โลก ได้แก่ คลื่น P อนุภาคของดินเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง และคลื่น S อนุภาคดินเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบ ทิศเหนือใต้ และตะวันออกตะวันตก ความยาวช่วงคลื่นหลักอยู่ระหว่าง 0.01-50 วินาที

-คลื่นผิวพื้น (Surface Wave) ได้แก่คลื่นเลิฟ (Love :LQ) อนุภาคดินเคลื่อนที่ในแนวระนาบเหมือนการเคลื่อนที่ของงูเลื้อย และคลื่น เรย์เลห์ (Rayleigh :LR) อนุภาคของดินเคลื่อนที่เหมือนคลื่น P แต่ขณะเดียวกันมีการเคลื่อนตัวแบบย้อนกลับ ความยาวช่วงคลื่นผิวพื้นประมาณ 10-350 วินาที
แสดง ดังรูปที่ 4

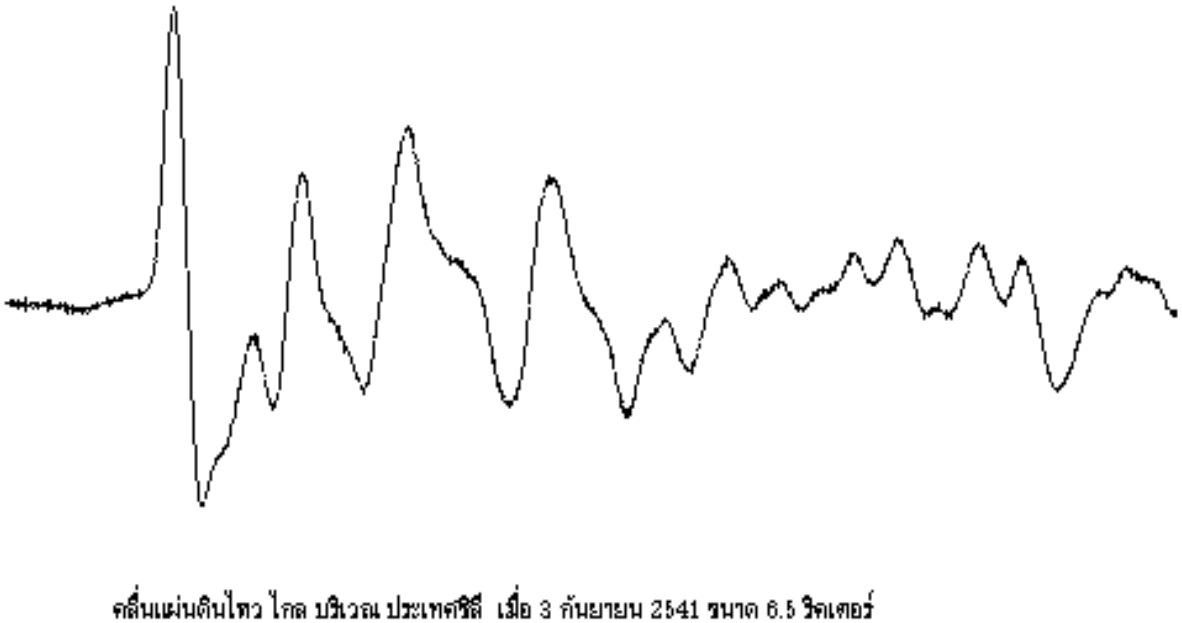


รูปที่ 4 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวจากการตรวจวัด

ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวใกล้และคลื่นแผ่นดินไหวไกลที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 5

คลื่นแผ่นดินไหวใกล้ ศูนย์กลางเกิดบริเวณ ตะวันตกเฉียงเหนือเกาะสุมาตรา 9.0 ริกเตอร์ กับแผ่นดินไหวที่ พม่า ขนาด 6.4 ริกเตอร์ เมื่อ 26 ธันวาคม 2547



คลื่นแผ่นดินไหว ไกล บริเวณ ประเทศชิลี เมื่อ 3 กันยายน 2541 ขนาด 6.5 ริคเตอร์

รูปที่ 5 ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวใกล้และไกลจากการตรวจวัด

3. ปริมาณสำหรับการวัดแผ่นดินไหว

ขนาด (Magnitude) เป็นปริมาณที่มีความสัมพันธ์กับพลังงานที่พื้นโลกปลดปล่อยออกมาในรูปของการสั่นสะเทือน คำนวณได้จากการตรวจวัดค่าความสูงของคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว เป็นปริมาณที่บ่งชี้ขนาด 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 วินาทีมาใช้ในการคำนวณ

-MB หรือ mb แสดงขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งใกล้และแผ่นดินไหวไกล(ระยะทางมากกว่า 1,000 กิโลเมตร) เรียกว่าขนาดของคลื่นหลัก (Body-wave magnitude) ในการคำนวณใช้คลื่นหลักได้แก่ คลื่น 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) และปริมาณพื้นที่ของรอยเลื่อน (Fault surface area) ส่วนใหญ่ขนาด Mw ใช้สำหรับกรณีแผ่นดินไหวไกลที่มีขนาดใหญ่

ตารางที่ 3 แสดงการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

ขนาด	สูตรคำนวณ	คลื่นแผ่นดินไหว	ความยาวช่วงคลื่น (วินาที)	การตรวจวัด
ML	Log A-LogA_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	(2/3logM_0) - 10.7	Surface	>200	velocity

ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) วัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดแผ่นดินไหวและหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของความผู้คน ลักษณะที่วัตถุ สิ่งก่อสร้างสั่นไหว หรือเสียหาย ลักษณะทางกายภาพของพื้นดินที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น ความรุนแรงแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายมาตราแต่ที่นิยมใช้ในประเทศไทยได้แก่ มาตราเมอร์แคลลีซึ่งมี 12 อันดับ (MM Scale) เรียงลำดับจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่รุนแรงน้อยที่สุดจนถึงรุนแรงมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์แคลลี (MM)

อันดับ	เหตุการณ์แผ่นดินไหว
I	ไม่รู้สึกสั่นไหว ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ
II	รู้สึกบางคน โดยเฉพาะผู้อยู่ชั้นบนของอาคาร สิ่งของแกว่งไกว
III	ผู้อยู่ในอาคารรู้สึก เฉพาะอย่างยิ่งผู้อยู่ชั้นบนอาคาร แต่ผู้คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว
IV	ในเวลากลางวันผู้คนในอาคารรู้สึกมาก แต่ผู้อยู่นอกอาคารรู้สึกบางคน จาน หน้าต่าง ประตูสั่น ความรู้สึกเหมือนรถบรรทุกชนอาคาร
V	เกือบทุกคนรู้สึก หลายคนตกใจตื่น วัตถุที่ไม่มั่นคงล้มคว่ำ เสา ต้นไม้ แกว่งไกว
VI	ทุกคนรู้สึก เครื่องเรือนเคลื่อน ปล่องไฟแตก เกิดความเสียหายเล็กน้อยกับอาคาร
VII	ทุกคนตกใจวิ่งออกนอกอาคาร อาคารที่ออกแบบดีไม่เสียหาย เสียหายเล็กน้อยถึงปานกลางกับอาคารสิ่งก่อสร้างธรรมดา เสียหายมากกับอาคารที่ออกแบบไม่ดี ผู้ขับรถรู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว
VIII	เสียหายเล็กน้อยกับอาคารที่ออกแบบไว้ดี เสียหายมากในอาคารธรรมดา บางส่วนของอาคารพังทลาย เสียหายอย่างมากในอาคารที่ออกแบบไม่ดี ผนังอาคารหลุดออกนอกอาคาร ปล่องไฟพัง ดินและทรายพุ่งขึ้นมา
IX	เสียหายมากในอาคารที่ออกแบบไว้ดี โครงสิ่งก่อสร้างบิดเบนจากแนวดิ่ง เสียหายอย่างมากกับอาคารและบางส่วนพังทลาย ตัวอาคารเคลื่อนจากฐานราก พื้นดินแตก ท่อใต้ดินแตกหัก
X	อาคารไม้ที่สร้างไว้อย่างดี เสียหาย โครงสร้างอาคารพังพลาย รางรถไฟบิด พื้นดินแตก แผ่นดินถล่มหลายแห่ง ทรายและโคลนพุ่งจากพื้นดิน
XI	สิ่งก่อสร้างเหลืออยู่น้อย สะพานถูกทำลาย พื้นดินมีรอยแยกกว้าง ท่อใต้ดินเสียหายหมด รางรถไฟบิดงอมาก
XII	เสียหายทั้งหมด เห็นคลื่นบนพื้นดิน เส้นแนวระดับสายตาบิดเบน วัตถุสิ่งของกระเด็นในอากาศ

ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration)

ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration:PGA) เป็นค่าที่มีความสำคัญในการออกแบบเชิงวิศวกรรมของอาคารในบริเวณที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีหน่วยเป็นค่าอัตราเร่ง ฟุต/วินาที^{2} หรือ เซนติเมตร/วินาที^{2} หรือ เป็นสัดส่วนของค่าอัตราเร่งหรือแรงโน้มถ่วงของโลก (% ของค่า g) หรือหน่วยเป็น gal (ประมาณ 980 gal เท่ากับ 1 g) ค่า PGA สามารถหาได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ จากการวิเคราะห์จากคลื่นความสั่นสะเทือนที่ตรวจวัด

แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง **(Maximum Intensity Map)**

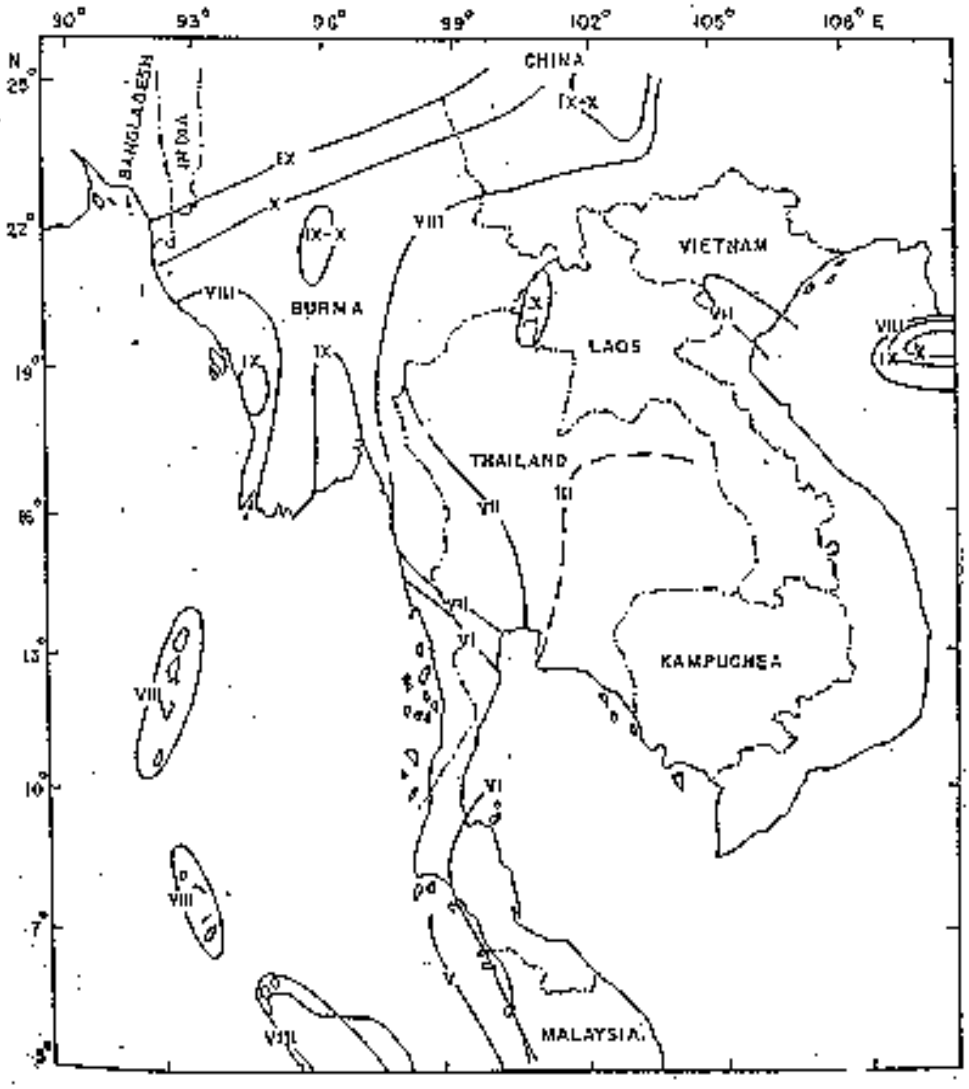
ผลของการศึกษาข้อมูลในประวัติศาสตร์ซึ่งรวบรวม นับย้อนหลังไปถึง 624 ปี ก่อนคริสตศักราช ถึง ปี พ.ศ. 2527 จากแหล่งข้อมูลต่างๆ อาทิเช่น จาก ศิลาจารึก พงศาวดาร ปูม บันทึก จดหมายเหตุ หนังสือพิมพ์ เอกสารต่างๆ และข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปัจจุบันซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่องมือ และรายงานความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆของประเทศไทย ทำให้สามารถจัดทำแผนที่แสดงความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง แสดงดังรูปที่ 6 ซึ่งแสดงถึงเหตุการณ์ความรู้สึก ลักษณะของการสั่นไหวของวัตถุ ความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง ต่างๆ เขียนเป็นเส้นแสดงความรุนแรงสูงสุดที่ได้คัดเลือกจากข้อมูลดังกล่าว ทั้งหมด ข้อมูลนี้สามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรม การก่อสร้างในอนาคต ให้สามารถรับแรงที่เคยเกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวในอดีต ณ บริเวณที่สนใจ เพราะมีแนวคิดทางด้านแผ่นดินไหวว่า ในบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จะมีปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการเวียนเกิดซ้ำ ของแผ่นดินไหว (Return Period) โดยแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะมีการเวียนเกิดซ้ำยาวนาน

พลังงานแผ่นดินไหว (Seismic Energy) สามารถประมาณค่าได้จากขนาด mb และ Ms ด้วยสูตรง่ายๆ ของ Gutenberg และ Richter ดังนี้

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

โดยทั่วไป เมื่อเกิดแผ่นดินไหว ณ ที่แห่งใดแห่งหนึ่งและ ส่งพลังงานออกไปรอบทิศ ค่าพลังงานของความสั่นสะเทือนจะลดทอนลงตามระยะทาง(Attenuation of Ground motion) ปัจจัยที่ทำให้เกิดการลดทอน ของพลังงาน ได้แก่ เส้นทางเดินของคลื่นความสั่นสะเทือน ความลึกของแผ่นดินไหว ทิศทางการวางตัวของรอยเลื่อน และ สภาพธรณีวิทยา เช่น ในกรณีที่เดินทางในชั้นหิน พลังงานจะถูกลดทอนลงมากตามระยะทางที่เพิ่มขึ้น แต่บางครั้งพลังงานอาจขยายมากขึ้นเมื่อเดินทางผ่านบริเวณที่เป็นดินอ่อน เนื่องจากมีความไวต่อการเคลื่อนที่ได้ดีกว่า ดังนั้นจึงมีปรากฏการณ์ของความเสียหายไม่เท่าเทียมกันของบริเวณต่างๆ

แม้ว่าเกิดแผ่นดินไหวเหตุการณ์เดียวกัน บางครั้งสำหรับบริเวณที่ห่างจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวมากกว่าอาจได้รับความเสียหายมากกว่า บริเวณที่ใกล้ศูนย์กลางแผ่นดินไหว



รูปที่ 6 แผนที่แสดงความรุนแรงสูงสุด

4. แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวหรือบริเวณตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะอยู่ตรงบริเวณ

-แนวแผ่นดินไหวของโลก ตรงบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ในกรณีของประเทศไทยแนวแผ่นดินไหวโลกที่ใกล้ๆ ได้แก่ แนวในมหาสมุทรอินเดีย สุมาตรา และ ประเทศเมียนมาร์

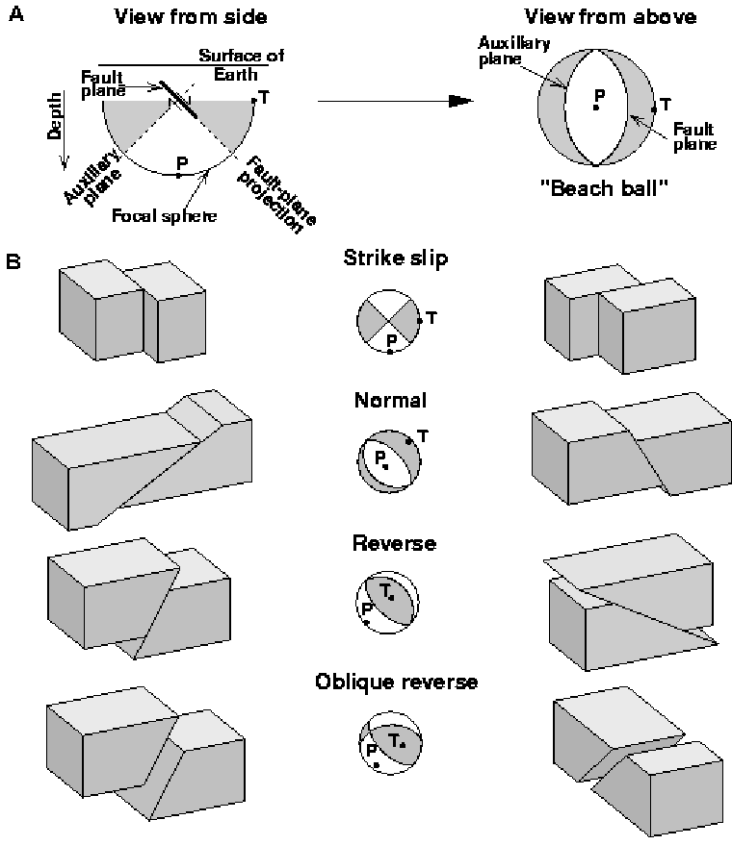
- แนวรอยเลื่อนต่างๆ ในกรณีประเทศไทยได้แก่ แนวรอยเลื่อนในประเทศเพื่อนบ้าน พม่า จีนตอนใต้ สาธารณรัฐประชาชนลาว แนวรอยเลื่อนภายในประเทศซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตก แสดงดังรูปที่ 7 ที่น่าสังเกตคือแนวรอยเลื่อนบางแห่งเท่านั้นมีความสัมพันธ์กับเกิดแผ่นดินไหว เช่น รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อน แม่ทา รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนระนอง เป็นต้น

-บริเวณที่มนุษย์มีกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว เช่น เหมือง เขื่อน บ่อน้ำมัน เป็นต้น

รูปที่ 7 แสดงรอยเลื่อนภายในประเทศไทย

ปัจจุบันความรู้ความเข้าใจในเรื่องของลักษณะรอยเลื่อนเพิ่มขึ้น รอยเลื่อนสามารถแบ่งออกตามลักษณะการเคลื่อนตัวในทิศทางต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 8 เนื่องจากรอยเลื่อนในประเทศไทยมีด้วยกันหลาย

แนว แต่รอยเลื่อนทุกแนวนั้นมิใช่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว มีเพียงบางแนวที่ยังเคลื่อนตัวได้ ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนจะมากหรือน้อยขึ้นกับความยาวของแนวรอยเลื่อน และระยะทางที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัว หรือระยะขจัด (Displacement) หากเคลื่อนตัวได้มากก็จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ เช่น แผ่นดินไหวขนาด 7 ริคเตอร์ อาจมี ระยะขจัดประมาณใกล้เคียง 1 เมตร หรือมากกว่า



รูปที่ 8 รอยเลื่อนชนิดต่างๆ

5. การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายประเภทซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการตรวจวัดค่าต่างๆ เช่น เพื่อตรวจวัด ค่าสนามแม่เหล็กโลก ความสั่นสะเทือนของพื้นดิน ระยะการเคลื่อนตัวของเปลือกโลก การเปลี่ยนแปลงของปริมาณกาซเรดอน การเปลี่ยนแปลงของ ค่าความเค้นของหิน (Stress) ตรวจวัดระดับน้ำใต้ดิน ตรวจวัดระดับความลาดเอียง เป็นต้น

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

เครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบโดยตรงได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงรายละเอียดของเครื่องมือและสถานีดังตารางที่ 5 ทั้งระบบตรวจแบบดิจิตอลและอะนาล็อก

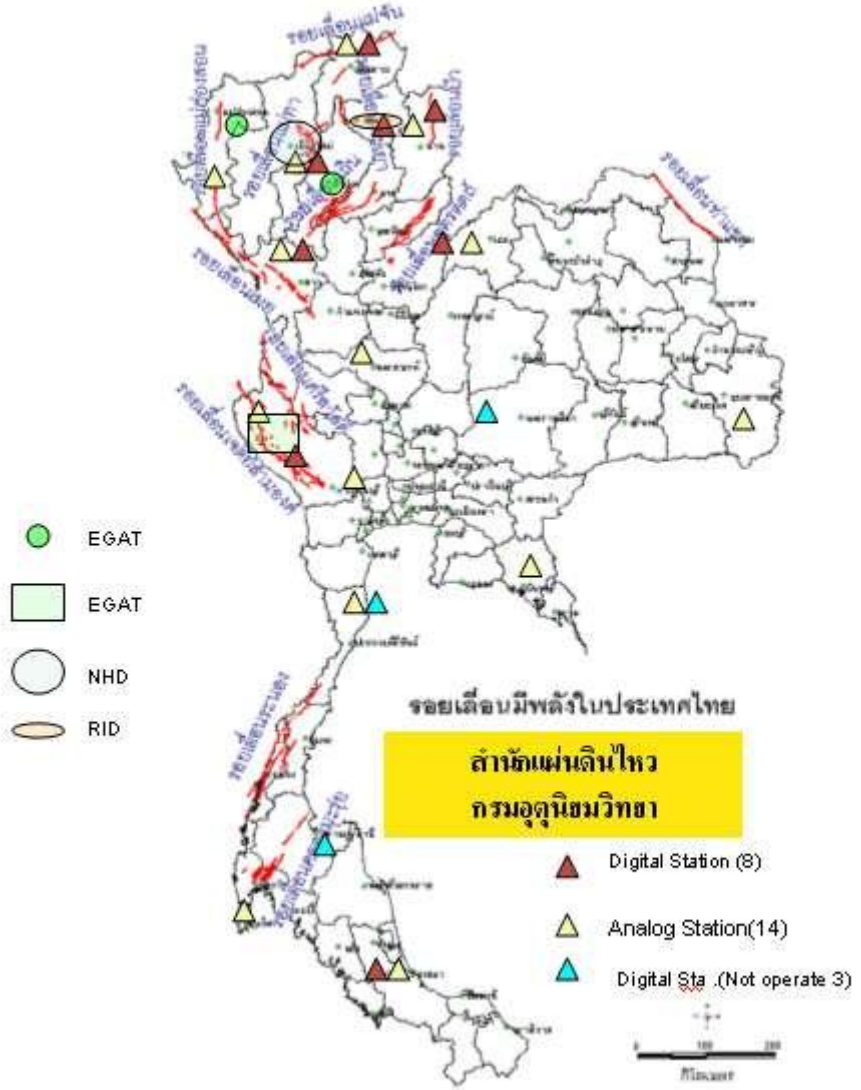
ตารางที่ 5 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา

รหัส	สถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	ความสูง (ม)	ช่วงดำเนินงาน	ระบบ
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,1Hz
PCT	ปากช่อง(A)	14 40 51.0	101 24 39.6	360	ต.ค. 1978	SPS,1Hz
NST	นครสวรรค์(A)	15 40 21.6	100 07 58.8	34	ก.ย. 1982	SPS, 1Hz
KHT	เขื่อนเขาแหลม(A)	14 47 05.4	98 35 33.0	173.3	ต.ค. 1982	SPS, 1Hz
NNT	หนองพลับ(A)	12 35 23.4	99 44 01.8	106	พ.ย.1982	SPS, 1Hz
LOE	เลย(A)	17 24 22.8	101 43 47.4	258.7	ส.ค. 1984	SPS, 1Hz
KBR	กาญจนบุรี(A)	14 01 00.0	99 32 00.0	28	ธ.ค. 1986	SPS, 1Hz
UBT	อุบลราชธานี(A)	15 14 44	105 01 06.0	-	ธ.ค. 1993	SPS, 1Hz
PKT	ภูเก็ต(A)	8 04 48	98 11 24	-	ก.ค. 1994	SPS, 1Hz
NAN	น่าน(A)	18 48 00	100 42 00	264.03	ม.ค. 1995	SPS, 1Hz
CHA	จันทบุรี(A)	12 31 00	102 10 00	22.32	พ.ค. 1996	SPS, 1Hz
CHR	เชียงราย(A)	19 52 15.1	99 46 57.7	380	ก.ค. 1996	SPS,1Hz
CH	เชียงราย(D)	19 52 39	99 46 26	380	พ.ค. 1998	L4-C,SSA-320
MA	แม่ฮ่องสอน(D)	19 16 13	97 58 14	180	พ.ค. 1998-2002	L4-C,SSA-320
CM	เชียงใหม่(D)	18 48 49.8	98 56 37.8	416	1994	L4-C,SSA-320
NA	น่าน(D)	18 48 49.8	98 56 37.8	416	1994	L4-C,SSA-320
TA	ตาก(D)	17 14 37	99 0 8	40	พ.ค. 1998	L4-C,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. 1998-2002	CMG-40,SSA-320
KA	เขื่อนศรีนครินทร์กาญจนบุรี(D)	14 23 40	99 7 17	190	พ.ค. 1998	CMG-40,SSA-320
LO	เลย	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. 1998-2002	L4-C,SSA-320
NO	หนองพลับ(D)	12 35 25	99 44 0	40	พ.ค. 1998-2002	L4-C,SSA-320
SU	สุราษฎร์ธานี(D)	9 8 41	99 38 0	3	พ.ค. 1998-2002	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

ปัจจุบันเครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาได้ปรับปรุงรวมถึงเพิ่มเติมระบบการตรวจวัดจากเดิมระบบอะนาล็อกเป็นระบบดิจิตอลโดยส่งผ่านสัญญาณด้วยระบบสื่อสารดาวเทียมแบบเวลาจริง โดยมีศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลแบบอัตโนมัติ ณ ส่วนกลางกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงรายละเอียดเครื่องมือทั้งหมดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีเครือข่ายการตรวจวัดความสั่นได้แก่ การไฟฟ้าฝ่าย

ผลิตแห่งประเทศไทย มีเครือข่ายและเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวบริเวณเขื่อนต่างๆ ด้านตะวันตกภาคเหนือ และภาคใต้ของประเทศ อีกหน่วยงานหนึ่งได้แก่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือมีเครือข่ายมีลักษณะเป็นแบบ Array มีวัตถุประสงค์ในตรวจสอบความสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากการทดสอบนิวเคลียร์ใต้พื้นดินและตำแหน่งของแผ่นดินไหวใกล้

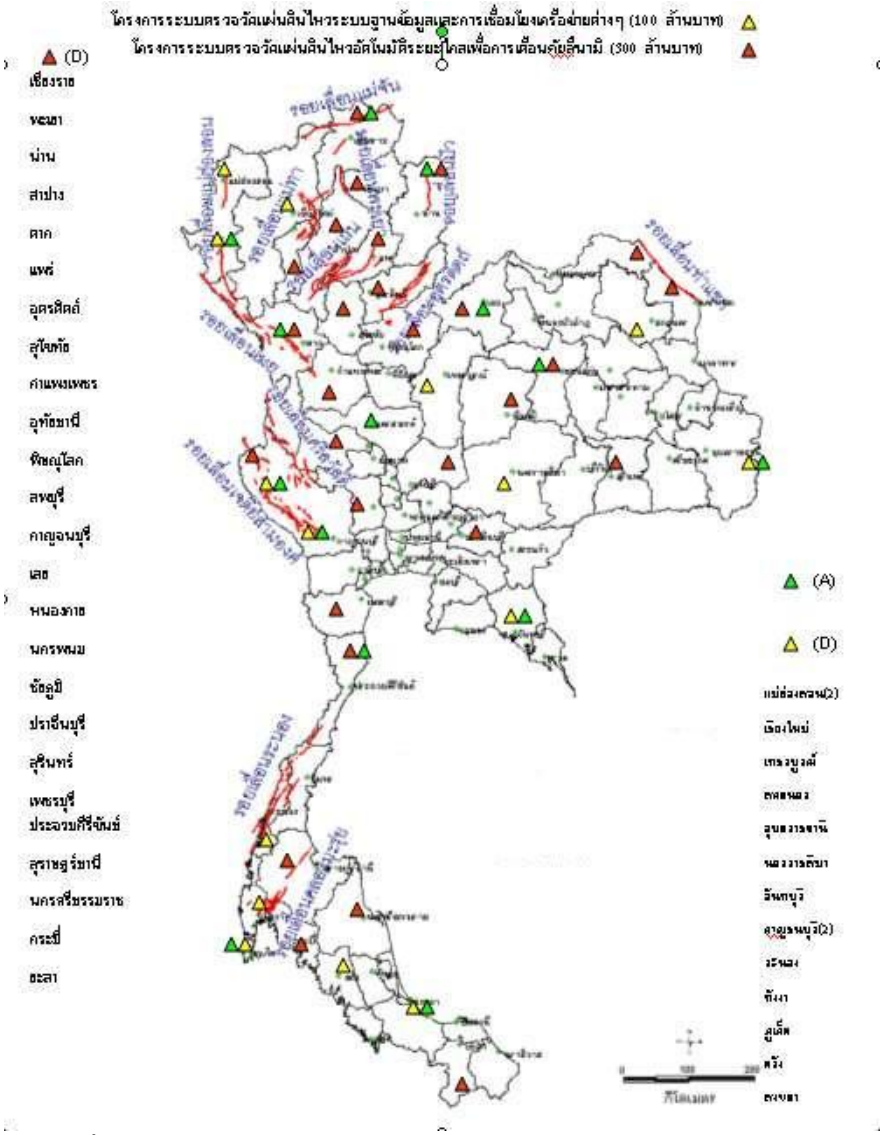


รูปที่ 9 เครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวของหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทย

การปรับปรุงเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหวในอนาคต

หลังจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ 9.3 ริกเตอร์ บริเวณเกาะสุมาตรา เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ทำให้เกิดคลื่นสึนามิซัดเข้าหาชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายจำนวนมากต่อชีวิตทรัพย์สินของประชาชนทั้งชาวไทยและนักท่องเที่ยวต่างประเทศจำนวนมาก กรมอุตุนิยมวิทยาได้

พิจารณาให้มีการปรับปรุงเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหวทั่วประเทศโดยแบ่งเป็น 2 โครงการ โครงการแรก ปรับปรุงและขยายเครือข่ายสถานีดิจิตอลเป็น 15 สถานีในปีงบประมาณ 2548-2549 จำนวนเงิน 100 ล้านบาท โครงการที่ 2 ขยายเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหว (25 สถานี) สถานีวัดอัตราเร่งของพื้นดิน(20 สถานี) สถานีวัดระดับน้ำทะเล (9 สถานี) สถานีวัดอัตราเร่งใต้พื้นกรุงเทพมหานคร (1 สถานี)ดำเนินโครงการในปีงบประมาณ 2549-2551 จำนวนเงิน 300 ล้านบาท รูปเครือข่ายสถานีทั้งหมดของกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 แสดงตำแหน่งสถานีตรวจแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา

6. สถิติแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวในประเทศไทยนั้นมีการรวบรวมสถิติข้อมูลในอดีตจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น ศิลาจารึกพงศาวดาร ปูม จดหมายเหตุ สิ่งพิมพ์ อื่นๆ พบว่าเริ่มต้นบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในลักษณะของความรุนแรงแผ่นดินไหว(Intensity) ส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดชั้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายที่เกิด

ในช่วงตั้งแต่ 624 ปีก่อนคริสต์ศักราช จนถึงราวปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมา จึงเริ่มมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือของเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศตรงบริเวณแนวรอยเลื่อนของภาคตะวันตกและภาคเหนือ กับจากแหล่งกำเนิดรอยเลื่อนบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน ประเทศพม่า สาธารณรัฐประชาชนจีน ทะเลอันดามัน และบริเวณเกาะสุมารตรา โดยเฉลี่ยเกิดแผ่นดินไหวรู้สึกได้ประมาณปีละ 5-6 ครั้ง ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานความเสียหาย
รูปที่ 11 แสดง แผนที่ Seismicity ในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง

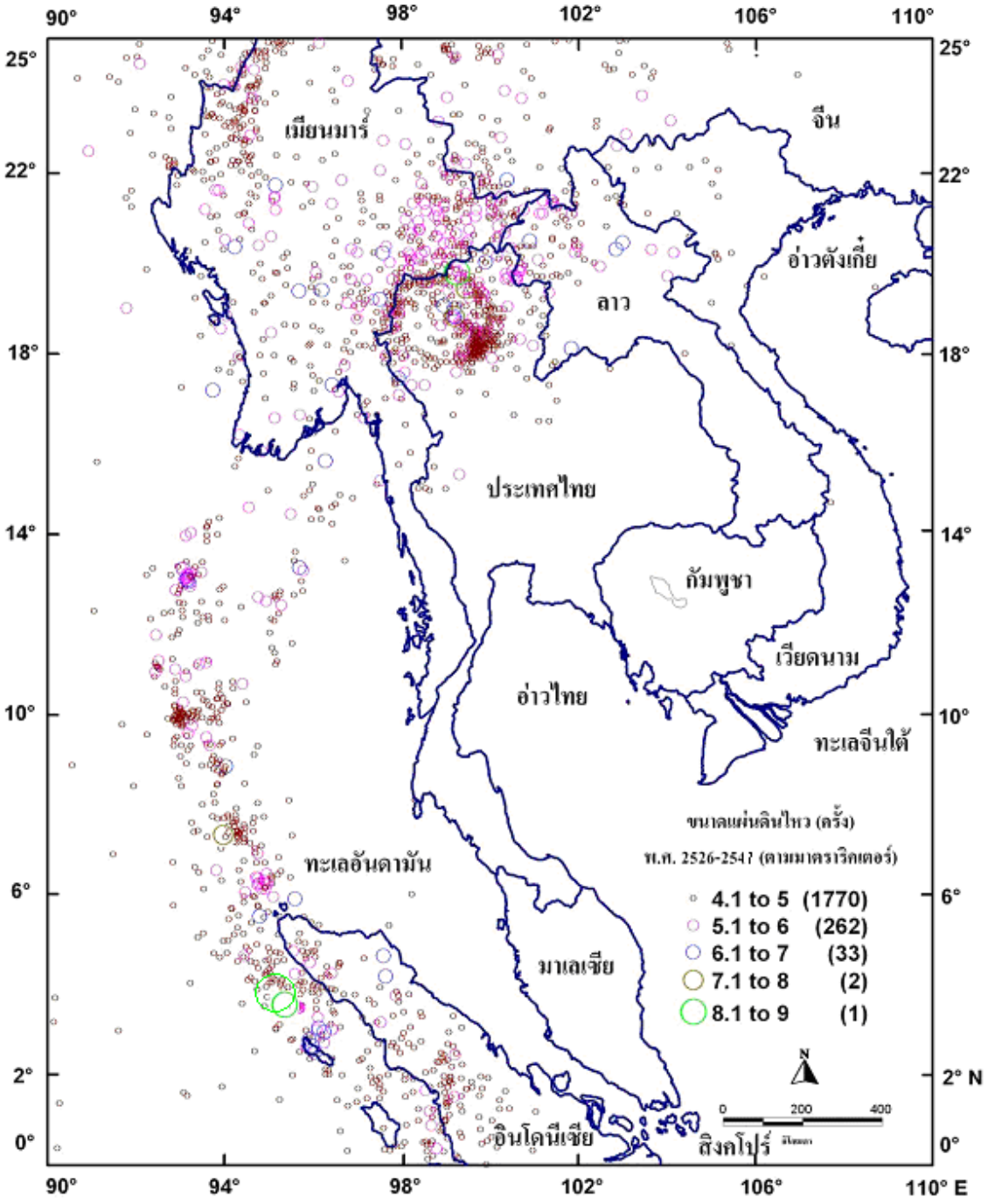
ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานความเสียหาย

วัน เดือน ปี	เวลาเกิด / ขนาด	ตำแหน่ง ศูนย์กลาง/สถานีรู้สึกสั่นไหว	เหตุการณ์
พ.ศ. 1003	กลางคืน	โยนกนคร	แผ่นดินไหว 3 ครั้งโยนกนครจมลงใต้ดิน
พ.ศ. 1077	ยามเช้า	โยนกนคร	ยอดเจดีย์หัก 4 แห่ง
พ.ศ. 2088	-	เชียงใหม่	รู้สึกที่เชียงใหม่ยอดเจดีย์หลวงหักจากความสูง 86 เมตร เหลือประมาณ 60 เมตร
พ.ศ. 2258	ขึ้น 6 ค่ำ เดือน 7	เชียงแสน	รู้สึกแผ่นดินไหว วัดและเจดีย์ 4 ตำบลถูกทำลาย
17 ก.พ. 2518	10 38 19.8 /5.6	พรมแดนไทย-พม่า	ศูนย์กลางบริเวณ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก เสียหายเล็กน้อยในภาคเหนือ ภาคกลาง และกรุงเทพ
26 พ.ค. 2521	06 22 29.1/ 4.8	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.พร้าว รู้สำสั่นไหวนาน 15 วินาที ที่ จ.เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง
22 เม.ย. 2526	07:37:, 10 21 / 5.9,5.2	อ.ศรีสวัสดิ์ จ. กาญจนบุรี	รู้สึกเกือบทุกภาค มีความเสียหายเล็กน้อยในกรุงเทพ
1 ต.ค. 2532	01:19:23.3/ 5.3	พรมแดนไทย-พม่า	รู้สึกสั่นไหว ภาคเหนือตอนบน เสียหายเล็กน้อย เชียงใหม่ และเชียงราย
11 ก.ย. 2537	03 34 00/ 5.1	อ.พาน จ.เชียงราย	มีความเสียหาย บริเวณ อ.พาน ต่อวัด โรงพยาบาล โรงเรียน หลายแห่ง
12 ก.ค. 2538	0446 39.8/ 7.2	ประเทศพม่า	รู้สึกได้บริเวณ ภาคเหนือตอนบน และอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร สิ่งก่อสร้างในจังหวัดเชียงรายเสียหายเล็กน้อย
9 ธ.ค. 2538	20 26 00/ 5.1	อ.ร้องกวาง จ. แพร่	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ อุตรดิตถ์ และน่าน เสียหายเล็กน้อยที่ แพร่

วัน เดือน ปี	เวลาเกิด / ขนาด	ตำแหน่ง ศูนย์กลาง/สถานีรู้สึกสั่นไหว	เหตุการณ์
11 ก.ย. 2537	03 34 00/ 5.1	อ.พาน จ.เชียงราย	มีความเสียหาย บริเวณ อ.พาน ต่อวัด โรงพยาบาล โรงเรียน หลายแห่ง
12 ก.ค. 2538	0446 39.8/	ประเทศพม่า	รู้สึกได้บริเวณ ภาคเหนือตอนบน และอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร

	7.2		สิ่งก่อสร้างในจังหวัดเชียงรายเสียหายเล็กน้อย
9 ธ.ค. 2538	20 26 00/ 5.1	อ.ร้องกวาง จ. แพร่	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย ลำพูน ลำปาง พะเยา แพร่ อุตรดิตถ์ และน่าน เสียหายเล็กน้อยที่ แพร่
21 ธ.ค. 2538	23 30 00/5.2	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อยบริเวณใกล้ศูนย์กลาง
22 ธ.ค. 2539	00 51 00/5.5	พรมแดนไทย-ลาว	มีความเสียหายเล็กน้อยที่ จ.เชียงราย
20 ม.ค. 2543	03 59 00/5.9	ประเทศลาว	เสียหายเล็กน้อยที่ จ.น่าน แพร่
2 ก.ค. 2545	10 54 00/4.7	อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.เชียงแสน อ.เชียงของ
22 ก.ย.2546	01 16 00/6.7	พม่า	เสียหายเล็กน้อยอาคารสูงบางแห่งใน กทม.
3 ก.พ. 2547	24 58 00 /1.9	อ.สันทรายจ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
27 มี.ค. 2547	11 05 00/3.4	อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
6 เม.ย. 2547	11 49 00/3.1	อ.เมือง จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.เมือง จ. เชียงราย
30 พ.ค.2547	23 53 00/2.0	อ.สันทรายจ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
11 ก.ย.2547	08 30 00/3.7	อ.สเมิง จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สเมิง อ.หางดง อ.เมือง จ.เชียงใหม่
17 ก.ย.2547	18 25 00/5.8	ทะเลอันดามัน	รู้สึกบนอาคารสูง กทม.
26 ธ.ค.2547	07 58 00/9.0	ตะวันตกเกาะสุมาตรา	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูง กทม. มีความเสียหายมาก จาก สึนามิและผู้เสียชีวิตกว่า 5000 คน
26ธ.ค.2547	08 30 00/6.4	ประเทศพม่า	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูง กทม.
27 ธ.ค.2547	16 39 00/6.6	ทะเลอันดามัน	รู้สึกที่ จ.ภูเก็ต
30 ธ.ค.2547	08 07, 08 13/ 5.4,5.6	ประเทศพม่า	รู้สึก ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
28 มี.ค. 2548	23 10/8.5	ตะวันตกเกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ในจังหวัดภาคใต้ ภูเก็ต เตือนอพยพ
19 พ.ค.2548	12 05/6.8	ตะวันตกเกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ในหลายจังหวัดภาคใต้ อาคารสูงกทม.
5 ก.ค.2548	22 42/6.8	ตอนบนเกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ที่ภูเก็ต
24 ก.ค.2548	22 42/7.2	เกาะนิโคบาร์ อินเดีย	รู้สึกได้ที่ภูเก็ต มีคำเตือนให้อพยพ
18 ก.ย.2548	14 26/6.0	พรมแดนพม่า-อินเดีย	รู้สึกได้บนอาคารสูงในจังหวัดเชียงใหม่
11 ต.ค. 2548	22 05/6.2	ตอนเหนือของเกาะ สุมาตรา	รู้สึกได้ที่จ.พังงา จ.ภูเก็ต
19 พ.ย.2548	21 10/6.1	ตอนเหนือของเกาะ สุมาตรา	รู้สึกได้ที่จ.พังงา จ.ภูเก็ต
4 ธ.ค.2548	16 34/4.1	จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้บนอาคารสูง จ.เชียงใหม่ และลำพูน
7 ธ.ค. 2548	16 02/3.9	จ.เชียงราย	รู้สึกได้ที่ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
15 ธ.ค.2548	13 48/4.1	จ.เชียงราย	รู้สึกได้ที่ อ.เมือง อ.เทิง จ.เชียงราย
16 ธ.ค.2548	09 13, 09 14/ 3.8,3.9	จ.เชียงราย	รู้สึกได้ที่อ.ป่าแดด จ.เชียงราย
24 ม.ค.2549	20 42/5.7	รัฐฉาน ประเทศพม่า	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน
16 มี.ค. 2549	20 34/3.0	อ.จอมทอง เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.จอมทอง แม่วาง อ.เมือง จ.เชียงใหม่
13 ก.ค. 2549	07 28/3.0	อ.หางดง จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.หางดง จ.เชียงใหม่
6 ส.ค. 2549	12 15/3.4	อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.เชียงดาว จ.เชียงใหม่
27 ก.ย. 2549	2130,	พม่า	รู้สึกได้ทั่ว จ.ประจวบคีรีขันธ์

	23 15/4.8		
28 ก.ย.2549	00.35,01.45/ 4.8	พม่า	รู้สึกที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์
28 ก.ย.2549	16 50/5.0	พม่า	รู้สึกที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์
8 ต.ค. 2549	04 17/5.6	พม่า	รู้สึกที่ จ.ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี ราชบุรี สมุทรสงคราม
21 ต.ค. 2549	08 59/4.5	ไทย-ลาว	รู้สึกที่ อ.แม่สาย จ.เชียงราย
17 พ.ย.2549	01 39/4.4	อ.พาน จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.พาน อ.เมือง จ.เชียงราย
13 ธ.ค. 2549	00 02/5.1	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ทั่วไปใน จ.เชียงใหม่
19 ธ.ค.2549	07 03 /2.7	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ที่ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่
23 ธ.ค.2549	18 51 /3.6	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ที่ อ.แม่ริม อ.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงใหม่
4 ม.ค. 2550	15 38/2.4	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ที่ อ.แม่ริม อ.สันทราย อ.เมือง จ.เชียงใหม่
6 ม.ค. 2550	9 23/3.1	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ที่ อ.แม่ริม อ.เมือง จ.เชียงใหม่
22เม.ย.2550	13 18/4.5	อ.เวียงป่าเป้า	รู้สึกได้ที่ อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงรายและจ.พะเยา
27 เม.ย.2550	15 03/6.1	ตอนเหนือ เกาะสุมาตรา	รู้สึกได้ที่ จ.ภูเก็ต
15 พ.ค.2550	21 35/5.1	พรมแดนลาว-พม่า	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงราย
16 พ.ค.2550	15 57/6.1	พรมแดนลาว-พม่า	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงรายและหลายจังหวัดภาคเหนือรวมถึงอาคารสูงใน กทม.
19 มิ.ย.2550	12 06/4.5	อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่	รู้สึกได้ที่ อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ และ จ.ลำพูน



รูปที่ 11 แสดงตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง

7. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายจากแผ่นดินไหว

มีปัจจัยหลายประเภทซึ่งเป็นองค์ประกอบสำหรับพิจารณาในเรื่องของความเสียหายมากหรือน้อยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่

7.1 ขนาดและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

-แผ่นดินไหวที่อยู่ในแนวแผ่นดินไหวโลก และเกิดจากแรงเทคโทนิกภายในเปลือกโลก โดยเฉพาะบริเวณที่มีการชนกันของเปลือกโลกมักทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

-แผ่นดินไหวที่เกิดจากแนวรอยเลื่อนที่มีความยาวมากๆ จะมีศักยภาพทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

-แผ่นดินไหวที่เกิดจาก การกระตุ้นของมนุษย์ มักมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงปานกลาง เช่น การทำเหมือง การสร้างเขื่อน เป็นต้น

7.2 ระยะทาง

โดยปกติแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากันแต่ระยะทางต่างกัน ระยะทางใกล้กว่าย่อมมีความสั่นสะเทือนของพื้นดินมากกว่ามีศักยภาพของภัยมาก ยกเว้นในกรณีคลื่นยักษ์ใต้น้ำอาจเกิดจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ไกล

7.3 ความลึกของแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกไม่มากหรือแผ่นดินไหวผิวพื้นจะก่อความเสียหายได้มากกว่าแผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกมากหลายร้อยกิโลเมตร ตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวผิวพื้นที่เกิดจากกระตุ้นของการทำเหมืองในประเทศแอฟริกาใต้มีขนาดประมาณ 5 ริกเตอร์ แต่เนื่องจากมีความลึกไม่ถึง 1 กิโลเมตร ก่อความเสียหายทำให้สิ่งก่อสร้างบริเวณใกล้เคียงพังทลายลง

7.4 ทิศทางการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

ทิศทางของการเคลื่อนตัวของรอยเลื่อน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว มีผลต่อค่า amplitude ของความสั่นสะเทือนและ การขจัด (Displacement)ของคลื่น P คลื่น S และคลื่นผิวพื้น หากสิ่งก่อสร้าง อาคารบ้านเรือน สร้างบนตำแหน่งที่มีผลกระทบสูง อาจทำให้เกิดความเสียหายมากกว่าตำแหน่งอื่น

7.5 เวลาเกิด

เวลาเกิดของแผ่นดินไหวมีผลกระทบต่อความเสียหาย เนื่องจากกิจกรรมบางอย่างที่มนุษย์กระทำหรืออยู่ร่วมกัน มีทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวในช่วงที่มีกิจกรรมดังกล่าวโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะมีความเสียหายรุนแรงเพิ่มขึ้น

7.6 ความยาวนานของแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่มีความสั่นสะเทือนกินเวลาหลายวินาที ความเสียหายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวประกอบด้วยคลื่นความสั่นสะเทือนหลายความยาวช่วงคลื่นหรือหลายความถี่ ในกรณีที่แผ่นดินไหวมีความสั่นสะเทือนยาวนาน ณ ความถี่ที่ตรงกับค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารสิ่งก่อสร้างจะช่วยเสริมให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อโครงสร้างได้

7.7 ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหว

ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ในบริเวณรกร้าง ในป่าเขา ในทะเล มหาสมุทร ไกลจากชุมชนมาก ความสั่นสะเทือนที่เกิดย่อมมีอันตรายน้อยกว่า แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางใกล้ชุมชน

7.8 สภาพทางธรณีวิทยา

สภาพทางธรณีวิทยามีส่วนอย่างมากในการก่อความเสียหายจากความสั่นสะเทือน บริเวณที่มีการดูดซับพลังงานจากความสั่นสะเทือนได้มากหรือมีค่าการลดทอนพลังงานมาก (High Attenuation) จะได้รับความเสียหายน้อย เช่น ในบริเวณที่เป็นหินแข็ง แต่ในบริเวณที่เป็นดินอ่อนจะช่วยขยายการสั่นสะเทือนของพื้นดินได้มากกว่าเดิมหลายเท่า และความเสียหายจะเพิ่มขึ้นมาก เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหวที่ประเทศเม็กซิโก เมื่อปี ค.ศ. 1985 และในกรณีของประเทศไทย พื้นดินใต้กรุงเทพมหานคร เป็นดินอ่อน มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับพื้นดินใต้เม็กซิโกซิตี้ซึ่งสามารถขยายความรุนแรงของการสั่นไหวได้ จากการศึกษาวิจัยพบว่าพื้นดินกรุงเทพมหานครขยายความสั่นสะเทือนได้ดีที่ ความถี่ประมาณ 1 Hz

7.9 ความแข็งแรงของอาคาร

อาคารที่สร้างได้มาตรฐานมั่นคงแข็งแรง มีการออกแบบและก่อสร้างให้ต้านแผ่นดินไหว จะสามารถทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี เมื่อเกิดแผ่นดินไหวจะเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัยได้ในระดับหนึ่ง

7.10 การเตรียมพร้อม

บริเวณใดหรือประเทศใดที่มีการเตรียมพร้อมรับมือกับภัยแผ่นดินไหวได้ดี ก่อนที่จะเกิดภัยย่อมสามารถลดหรือบรรเทาภัยแผ่นดินไหวที่จะเกิดขึ้นได้ ตัวอย่างของ การเตรียมพร้อมรับภัยแผ่นดินไหว ได้แก่ การมีมาตรการและระบบจัดการที่เหมาะสมในอนาคตสำหรับเผชิญภัยแผ่นดินไหว การออกกฎหมายควบคุมอาคารให้ต้านรับแผ่นดินไหวตามความเหมาะสมกับความเสี่ยง การจัดผังเมือง กำหนดย่านชุมชนให้ห่างจากบริเวณที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวสูง การประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบถึงภัยแผ่นดินไหว วิธีปฏิบัติก่อนเกิด ขณะเกิด และหลังเกิดแผ่นดินไหว การศึกษา วิเคราะห์ วิจัยในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับแผ่นดินไหวและวิศวกรรมแผ่นดินไหว การพัฒนา ติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดให้ทันสมัยเพื่อ การศึกษา และการพยากรณ์

8. แหล่งข้อมูลแผ่นดินไหว

ตารางที่ 7 แสดงตารางข้อมูลแผ่นดินไหวและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูล	หน่วยงาน
สถิติข้อมูลแผ่นดินไหว ตำแหน่ง ขนาด เวลาเกิด ในอดีตและปัจจุบัน ของประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง	สำนักงานแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา
สถิติข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณ จ. กาญจนบุรีและด้านตะวันตก	กรมอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
สถิติข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณภาคเหนือ	กรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ
ข้อมูลแผ่นดินไหวต่างประเทศ	USGS, NEIC, ISC, IRIS, GSN CEA, Geofon,

	ASL, EMSC, MMS, REDPUMA,PTWC, JMA กรมอุตุนิยมวิทยา

9. การจัดระบบป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหว

ภัยแผ่นดินไหวเป็นภัยที่ยังไม่สามารถคาดการณ์หรือพยากรณ์ได้แม่นยำ นอกจากนั้นยังเป็นภัยธรรมชาติที่ไม่เลือกเวลาเกิดและสามารถส่งผลกระทบข้ามประเทศได้ทางทั้งทางตรงและทางอ้อม วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเผชิญภัยแผ่นดินไหว ได้แก่การมีระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพ ก่อนการเกิด ขณะเกิด และหลังการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมที่ต้องคำนึงถึง ตัวอย่างเช่น

ก่อนการเกิดแผ่นดินไหว

-มีข้อบังคับการออกแบบ และก่อสร้างอาคารต้านแผ่นดินไหวในพื้นที่เสี่ยงภัย

-การศึกษาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว รอยเลื่อนต่างๆ ว่าเป็นรอยเลื่อนมีพลังหรือไม่ สามารถก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้ขนาดสูงสุดเท่าใด มีค่าการอุบัติซ้ำ (Return period) กี่ปี

-การศึกษาวิจัยเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องกับภัยแผ่นดินไหว เช่น การขยายตัวของความสั่นสะเทือน, สภาพดินเหลว , การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว ,การวางแผนเส้นทางอพยพ เส้นทางขนส่ง และมาตรการต่างๆ

-มีแผนที่แบ่งเขตเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

-มีระบบปิดอัตโนมัติสำหรับ ระบบอุปกรณ์ที่จะมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนโดยส่วนรวม เช่น รถไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ เป็นต้น รวมทั้งมีระบบสำรองข้อมูลที่สำคัญ

-อาคารสิ่งก่อสร้างเดิม มีความแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ ต้องมีการเสริมความแข็งแรงบริเวณใด

-การควบคุมการก่อสร้าง และคุณภาพของวัสดุก่อสร้าง ต้องมีมาตรฐานและเข้มงวด

-ประเมินความเสี่ยงของบริเวณที่คาดว่าจะมีผลกระทบรุนแรงต่อประชาชน

-มีแผนปฏิบัติการสำหรับการตอบสนองต่อเหตุการณ์วิกฤตเมื่อเกิดแผ่นดินไหวรุนแรง และป้องกันผลกระทบที่ตามมา เช่นไฟไหม้ เป็นต้น นอกจากนั้นต้องมีแผนการฟื้นฟูในด้านต่างๆ

-มีระบบตรวจวัดความสั่นสะเทือนที่หนาแน่นและมีประสิทธิภาพ

-มีระบบประกันภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในบริเวณเสี่ยงภัย

-การซักซ้อมของประชาชนในการเผชิญภัย

ขณะเกิดแผ่นดินไหว

-อาคารสิ่งก่อสร้าง ที่อยู่อาศัย และสิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญต่อสาธารณูปโภค มีสมรรถนะในการต้านแผ่นดินไหวเพียงพอ สิ่งของวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ การสื่อสาร คอมพิวเตอร์ มีการป้องกันที่ดีพอ

-ประชาชนมีความเชื่อมั่นต่อความแข็งแรงโครงสร้างของอาคารที่พักอาศัย สถานที่ทำงาน และมีความเข้าใจในการปฏิบัติตนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว

หลังเกิดแผ่นดินไหว

-การปฏิบัติการค้นหาช่วยชีวิต การเตรียมอุปกรณ์ช่วยเหลือ การพยาบาล สุขอนามัย อาหาร น้ำ และเสื้อผ้า

-การซ่อมแซม บูรณะฟื้นฟู สิ่งก่อสร้างที่เสียหาย และระบบสาธารณูปโภคที่เสียหาย ซึ่งการแก้ไขอาจนานนับเดือนหรือปี

-การสร้างอาคารที่พักชั่วคราว

เอกสารอ้างอิง

Lay, Thorne and Wallace, C. Terry, 1995, Modern Global Seismology Retallack, B.J., 1970. pp. 9, 349

Bruce A Bolt , Causes of Earthquakes, Earthquake Engineering ,pp 21-43

Teddy Bourne ,Earthquake Vulnerbility for Cities(EVRC-3) module 2, session 1-4