บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างคู่มืออิเล็กทรอนิกส์การบำรุงรักษาระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา สำหรับเจ้าหน้าที่ช่างเทคนิคและวิศวกร กองเครื่องมืออุตุนิยมวิทยา ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ประวัติกรมอุตุนิยมวิทยา

2.2 ความรู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

2.3 หลักการเบื้องต้นของระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา

2.4 การออกแบบพัฒนาโปรแกรม

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประวัติกรมอุตุนิยมวิทยา

กิจการอุตุนิยมวิทยาในประเทศไทยได้กำเนิดขึ้นในกองทัพเรือ โดยพลเรือเอกพระเจ้าบรมวงศ์เธอ กรมหลวงชุมพรเขตอุดมศักดิ์ พระบิดาแห่งทหารเรือ ซึ่งพระองค์ท่านทรงตระหนักถึงความปลอดภัยในการเดินเรือนั้น จำจะต้องมีความรู้ในเรื่องลักษณะลมฟ้าอากาศ

ดังนั้น พระองค์ท่านจึงได้วางแนวการศึกษาไว้ในหลักสูตรโรงเรียนนายเรือ โดยแทรกไว้ในวิชาการเดินเรือ ตั้งแต่เปิดโรงเรียนนายเรือ เมื่อวันที่ 20 พฤศจิกายน 2449 และได้ทรงบรรยายวิชานี้ด้วยพระองค์เอง

ต่อมา พลเรือโทพระยาราชวังสัน (ศรี กมลนาวิน) ซึ่งได้รับการถ่ายทอดวิชาการต่างๆ โดยตรงจากพระองค์ท่านฯ ได้สนับสนุนวิชาการนี้ให้เจริญก้าวหน้าต่อไป เพราะขอบเขตการเดินเรือของราชนาวี ได้ขยายกว้างออกไปในน่านน้ำต่างประเทศมากยิ่งขึ้น ท่านจึงได้จัดเรียงตำราอุตุนิยมวิทยาเป็นภาษาไทยขึ้นเป็นครั้งแรก และได้ใช้สอนในโรงเรียนนายเรือเป็นลำดับต่อมา

อนึ่งมีข้อน่าสังเกตอยู่ประการหนึ่งว่าในสมัยแรกกิจการอุตุนิยมวิทยา ได้ก่อร่างขึ้นทางกรมทดน้ำ (กรมชลประทานปัจจุบัน) สังกัดกระทรวงเกษตราธิการอีกทางหนึ่งด้วย จากมูลเหตุมีศาสตราจารย์ชาวโปแลนด์ 2 นาย คือ ศาสตราจารย์ ลาดิสลาส กอร์ชินสกี ผู้เชี่ยวชาญทางอุตุนิยมวิทยา กับ ศาสตราจารย์ ซาววิสกี ศาสตราจารย์ทางภูมิศาสตร์ ได้เดินทางเข้ามาประเทศไทย ใน พ.ศ. 2466 เพื่อศึกษาค้นคว้ากิจการเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ได้มีโอกาสเข้าเฝ้าเจ้าฟ้ากรมหลวงนครสวรรค์วรพินิต ซึ่งดำรงตำแหน่งเสนาธิการทหารบกในขณะนั้น ได้ถวายความเห็นเกี่ยวกับกิจการอุตุนิยมวิทยาว่า ประเทศไทยยังมิได้เริ่มดำเนินงานอุตุนิยมวิทยาเหมือนนานาประเทศ ซึ่งเป็น

ที่น่าเสียดายอย่างยิ่ง เพราะเป็นการเสียประโยชน์และขัดความเจริญของบ้านเมืองในสมัยปัจจุบันเป็นอย่างมาก เช่น การบิน การเดินเรือ การทหาร การกสิกรรม เหล่านี้ล้วนต้องใช้บริการอุตุนิยมวิทยาเป็นเครื่องประกอบที่จะดำเนินกิจการนั้นๆ ให้บังเกิดผลโดยสมบูรณ์ พระองค์ท่านเจ้าฟ้ากรมหลวงนครสวรรค์ วรพินิต ทรงเห็นพ้องด้วยว่าบริการอุตุนิยมวิทยาน่าจะอำนวยคุณประโยชน์สำคัญในทางกสิกรรม จึงได้ทรงมอบหมายเรื่องให้มหาอำมาตย์เอกเจ้าพระยาพลเทพฯ เสนาบดีกระทรวงเกษตราธิการ พิจารณาดำเนินต่อไป และได้ก่อตั้งขึ้นเป็นแผนกอุตุนิยมศาสตร์และสถิติ สังกัดกองรักษาน้ำกรมทดน้ำ กระทรวงเกษตราธิการ ในปลายปี พ.ศ. 2466 และแต่งตั้งให้ นายเอช. แบรนด์ ลี นายช่างชลประทานขณะนั้น เป็นผู้ดำเนินงานอุตุนิยมวิทยาที่ได้จัดตั้งขึ้นภายใต้การอำนวยการและบังคับบัญชาโดยใกล้ชิดของมหาอำมาตย์ตรี พระยาชลมารคพิจารณ์ (ม.ล. พงษ์ สนิทวงษ์ ณ อยุธยา) อธิบดีกรมชลประทาน กับได้ความร่วมมือและคำแนะนำเป็นอย่างดีจาก มิสเตอร์ ซี.ดี.ยี. ที่ปรึกษาชลประทาน โดยมีอำมาตย์โทพระชลหารพิจิตร เป็นหัวหน้ากอง มีเจ้าหน้าที่ดำเนินงานรวม 21 คน สถานที่ทำงานอยู่ฝั่งธนบุรี แบ่งหน้าที่ การงานออกเป็น 6 หมวด คือ

1. หมวดอุตุนิยมและสถิติ
2. หมวดสถิติระดับน้ำท่า
3. หมวดสถิติน้ำฝน
4. หมวดกำลังน้ำ
5. หมวดเดินระดับแผนที่
6. หมวดกลาง

ปี พ.ศ. 2472 ได้มีการปรับปรุงกระทรวง ทบวงใหม่ แผนกอุตุนิยมศาสตร์และสถิติได้รับการยกฐานขึ้นเป็นกองอุตุนิยมและสถิติ มี นายเอช. แบรนด์ ลี ผู้ชำนาญการพิเศษทางอุตุนิยมวิทยาเป็นผู้ดำเนินงานฝ่ายวิชาการและปกครองทำหน้าที่หัวหน้ากอง และรองอำมาตย์โทขุนวิสิฏธารารักษ์ (บุนนาค รักตบุตย์) ทำหน้าที่นายเวรกับนักอุตุนิยมวิทยาผู้ช่วยมีเจ้าหน้าที่ดำเนินงานรวม 41 คน

ปัจจุบันงานอุตุนิยมวิทยา ได้เจริญก้าวหน้ามาเป็นลำดับ สถานีตรวจอากาศได้ขยายออกเป็นตาข่ายหนาแน่นมากขึ้นและได้ขยายขอบเขตการรับใช้กว้างขวางออกไปมีสถานีตรวจอากาศประมาณ 26 สถานี การบริการอุตุนิยมวิทยามิใช่แต่บริการเฉพาะในวงงานขององรัฐบาลและเอกชนเท่านั้นแม้ประเทศต่างๆ ที่มีบริการอุตุนิยมวิทยา ก็มาทำการติดต่อเพื่อขอแลกเปลี่ยนผลการตรวจอากาศและผลการวิเคราะห์มากยิ่งขึ้นอยู่เสมอ กิจการอุตุนิยมวิทยานับว่าเป็นปึกแผ่นและใหญ่โตทั้งมีโครงการอันแน่นอนที่จะดำเนินงานต่อไปเช่นเดียวกับในอารยะประเทศ กองทัพเรือจึงได้ยกฐานะกองอุตุนิยมวิทยาเป็น “กรมอุตุนิยมวิทยา” ขึ้นตรงต่อกองทัพเรือ เมื่อวันที่ 23 มิถุนายน พ.ศ.2485 ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 59 ตอนที่ 41 หน้าที่ 1269-1271 ลงวันที่ 23 มิถุนายน 2485 โดยแบ่งส่วยราชการออกเป็น 5 กอง คือ กองบังคับการ กองพยากรณ์อากาศ กองอากาศชั้นบนและทะเล กองอากาศประจำถิ่น และกองสถานีตรวจอากาศ

บุคคลแรกที่ได้เป็นหัวหน้างานอุตุนิยมวิทยา ในเมื่อเป็นอุตุนิยมวิทยาแล้ว คือ นาวาโท ใบ เทศน์สดับ ได้ดำรงตำแหน่งเป็นรักษาราชการ รองเจ้ากรมอุตุนิยมวิทยา และนาวาตรี จรูญ บุญนาค เป็นหัวหน้ากองสถานีตรวจอากาศ และนาวาตรี จรัส บุญบงการ เป็นหัวหน้ากองพยากรณ์อากาศ และยังคงใช้สถานที่บางส่วนของกรมอุทกศาสตร์เป็นที่ทำการ

รัฐบาลสมัย พลเอกชาติชาย ชุณหวัน เป็นนายกรัฐมนตรี มีนโยบายจะให้ส่วนราชการที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ในทำเลการค้าย้ายไปอยู่บริเวณอื่นที่เหมาะสมกว่า ทั้งนี้เพื่อความเจริญและความสะดวกในการปฏิบัติราชการ กรมอุตุนิยมวิทยาจึงได้แต่งตั้งคณะทำงานขึ้นมาเพื่อพิจารณาดำเนินการตามนโยบายของรัฐบาล และเห็นสมควรที่จะย้ายกรมอุตุนิยมวิทยาจากส่วนราชการกรมอุตุนิยมวิทยา บางนา เลขที่ 4353 ถนนสุขุมวิท แขวงบางนา เขตพระโขนง กรุงเทพมหานคร ด้วยเหตุผลทางวิชาการและทางการบริหาร ดังนี้

1. การตรวจอากาศ พื้นที่รอบๆ ส่วนราชการกรมอุตุนิยมวิทยาบางนา ยังคงสภาพธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ จึงเหมาะสมต่อการตรวจวัดอากาศผิวพื้นและชั้นบน ซึ่งจะหลีกเลี่ยงปัญหาการปิดกั้นของอาคารและสิ่งก่อสร้างสูงๆ และปัญหามลภาวะในบรรยากาศ ทำให้ข้อมูลของสารประกอบอุตุนิยมวิทยาชนิดต่างๆ ที่ตรวจวัดได้มีความถูกต้องกับความเป็นจริงของธรรมชาติ

2. การบำรุงรักษาเครื่องมือ การรวมกันอยู่ในบริเวณเดียวกัน จะช่วยให้ระบบการตรวจสอบสภาพเครื่องมือตรวจอากาศ และอุปกรณ์ใช้งานทุกชนิดเป็นไปอย่างรวดเร็ว

3. การสื่อสาร ศูนย์โทรคมนาคมอุตุนิยมวิทยา และสถานีกระจายข่าว ถ้ารวมอยู่ในบริเวณเดียวกันจะทำการกระจายข่าวข้อมูลจากผลการตรวจอากาศทุกชนิด และข่าวข้อมูลอื่นๆ รวมทั้งการแลกเปลี่ยนข่าวสารทางอุตุนิยมวิทยาเป็นไปด้วยความรวดเร็วกว่าเดิมยิ่งขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเตือนภัย ลักษณะอากาศร้าย ทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ

4. การประมวลและจัดการข้อมูล การทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิด ระหว่างหน่วยตรวจข้อมูลอากาศ หน่วยเก็บข้อมูลและหน่วยประมวลข้อมูล จะทำให้การรวบรวมและตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้น ช่วยทำให้การผลิตเป็นมาตรฐาน และการจัดการข้อมูลมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

5. การพยากรณ์อากาศ ข้อดีและประสิทธิผลในแง่ต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจะส่งผลช่วยทำให้ระบบการพยากรณ์อากาศ ในรูปแบบลักษณะอากาศต่างๆ สะดวกยิ่งขึ้น และมีประสิทธิภาพรวดเร็วทันเหตุการณ์ และแม่นยำยิ่งขึ้น

6. การพัฒนาทางวิชาการ ความพร้อมของข้อมูลผนวกกับความร่วมมือกันอย่างใกล้ชิดระหว่างนักวิชาการทั้งหลาย ย่อมเอื้ออำนวยให้มีความเป็นเอกภาพของวิชาการ และก้าวหน้าในการประยุกต์ใช้กับกิจกรรมสาขาต่างๆ

7. บริการอุตุนิยมวิทยา งานบริการข้อมูล-เอกสาร-เครื่องมือ-และวิชาการ ให้แก่ส่วนราชการภายใน รวมทั้งหน่วยงานภาคเอกชน และรัฐบาลในกิจกรรมสาขาต่างๆ ย่อมสะดวกรวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูงยิ่งขึ้น

8. ประโยชน์ที่ได้รับด้านการบริหาร

1. การใช้และควบคุมยานพาหนะในส่วนกลางมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ลดการสิ้นเปลืองที่จะต้องติดต่อราชการไปๆมาๆระหว่างสถานที่ทำการสองแห่ง

2. การเดินทางไปปฏิบัติราชการของข้าราชการมีแนวโน้มสะดวกกว่าเดิม เพราะสถานที่นอกเมือง ปลายทางด่วน ทำให้การคมนาคมสะดวก

3. ข้าราชการมีบ้านพักและสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาปฏิบัติราชการ (ที่มา : รายงาน ประจำปี 2546 กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและสื่อสาร)

2.2 ความรู้พื้นฐานทั่วไปเกี่ยวกับแผ่นดินไหว

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

เครื่องมือตรวจวัดข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่างๆ เครือข่ายตรวจวัดทั่วโลกและระบบสื่อสารคมนาคมที่มีประสิทธิภาพ รวมถึงการจัดการต่อภัยที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและมีแผนงาน แต่ยังมีภัยธรรมชาติบางชนิด เช่น ภัยแผ่นดินไหว ซึ่งท้าท้ายต่อการศึกษาและทำความเข้าใจอย่างมาก ทั้งนี้เพราะลักษณะทางธรรมชาติของแผ่นดินไหวนั้นเกิดอยู่ใต้พื้นโลกหลายสิบกิโลเมตรและอาจถึงหลายร้อยกิโลเมตร ความยากลำบากในการศึกษาจึงเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ แม้ว่าปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งทางด้านทฤษฎีตลอดจนเครือข่ายและเครื่องมือต่างๆ ประจำอยู่ทั่วโลก เช่น เครื่องตรวจวัดความ

สั่นสะเทือนที่มีประสิทธิภาพสูงแต่ก็เพียงสามารถตรวจวัดได้จากบนพื้นผิวโลกเท่านั้น การวิเคราะห์ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ใต้พื้นโลก (Hypocenter) จึงเป็นในลักษณะตรวจสอบหรือวิเคราะห์ย้อนกลับจากผลการตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวบนผิวโลก คลื่นแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งจึงทำหน้าที่คล้ายกับรังสีเอ็กซ์ (X-rays) ตรวจสอบโครงสร้างของโลก ลักษณะทางธรณีวิทยา การเคลื่อนตัวของเปลือกโลก เป็นต้น การหักเหและการตอบสนองของคลื่นแผ่นดินไหวต่อลักษณะทางกายภาพของโลก สามารถทำให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของภัยแผ่นดินไหว ปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับแผ่นดินไหวมุ่งเน้นไปในหลายรายละเอียด แต่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1 โดยแบ่งเป็น 2 หัวข้อ ได้แก่ การศึกษาเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว และการศึกษาโครงสร้างของโลก

ตารางที่ 2.1 หัวข้อการศึกษาวิชาแผ่นดินไหวในปัจจุบัน

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

2.2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

การเกิดแผ่นดินไหวอาจมีด้วยกันหลายสาเหตุซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

เกิดภายในโลก	เกิดภายนอกโลก	ทั้งภายในและภายนอกโลก
แผ่นดินไหวเกิดจากรอยเลื่อน ระเบิดใต้ดิน การไหลหมุนเวียนของน้ำใต้ดิน การเคลื่อนตัวของหินหลอม ละลาย การเปลี่ยนแปลงสถานะใต้ดิน การทำเหมือง การยุบตัวใต้ดิน	ลม ความดันบรรยากาศ คลื่นในทะเล น้ำขึ้นหรือลง ความสั่นสะเทือนจากกิจกรรม ของมนุษย์ เช่น 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 เครื่องจักรเครื่องยนต์ การระเบิดบนพื้นผิวหรือใต้ดิน เป็นต้น
- แผ่นดินไหวจากการกระตุ้น (Induced or Tiggered Events) เช่น การสร้างอ่างเก็บน้ำ การทำเหมือง การฉีดของเหลวลงใต้ดิน เป็นต้น

โดยทั่วไปแผ่นดินไหวที่ทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์เป็นจำนวนมาก ได้แก่ แผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากแรงเทคโทนิคในเปลือกโลก ปัจจัยที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวเนื่องจากแรงเทคโทนิคนี้ ได้แก่

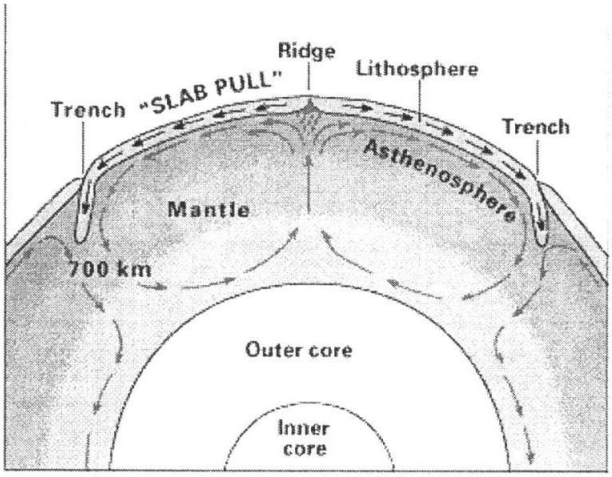
ก. ลักษณะโครงสร้างของโลก ซึ่งสามารถแบ่งได้คร่าวๆ เป็น 3 ส่วน คือ

- ส่วนที่เป็นแกนโลกอยู่ลึกที่สุดและมีอุณหภูมิสูงมากซึ่งเป็นต้นกำเนิดทำให้ชั้นหินหลอมละลายมีการเคลื่อนตัว

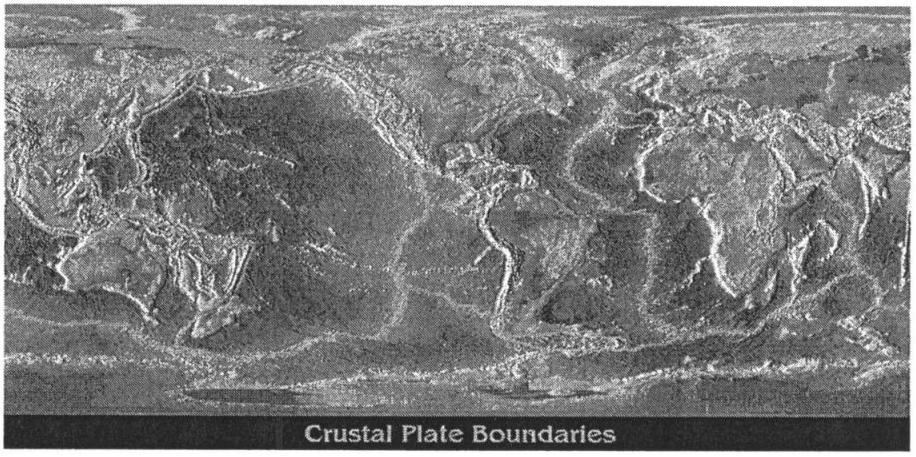
- ส่วนที่เป็นชั้นหินหลอมละลาย เป็นของแข็งแต่มีคุณสมบัติของการเคลื่อนตัวคล้ายของเหลวแต่มีความเร็วช้ามากอยู่ในระดับหลายเซนติเมตรต่อปี

- ส่วนที่เป็นเปลือกโลก เปลือกโลกที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีความหนาน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของโลก และไม่ได้เป็นชิ้นเดียวกัน แบ่งออกเป็นชิ้นใหญ่ๆ ได้ประมาณ 10 ชิ้น

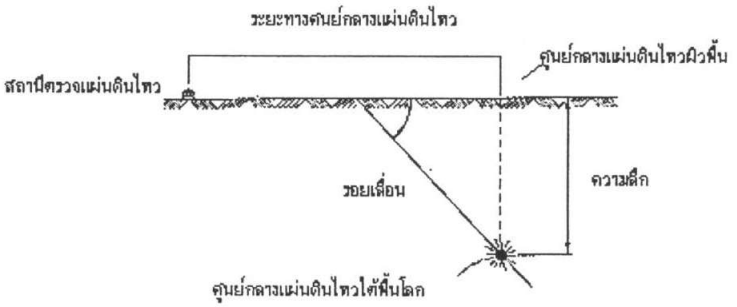
ข. การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกชิ้นต่างๆ เนื่องจาก ชั้นหินหลอมละลายได้รับพลังงานความร้อนจากแกนโลกและลอยตัวขึ้นผลักดันเปลือกโลกอยู่ตลอดเวลา ดังรูปที่ 2.1 เปลือกโลกแต่ละชิ้นจะมีทิศทางการเคลื่อนตัวต่างๆ กัน พร้อมกับสะสมพลังงานไว้ภายใน บริเวณตรงขอบของเปลือกโลกจึงเป็นส่วนที่มีการชนกันหรือเสียดสีกันหรือแยกจากกัน หากบริเวณขอบของชิ้นเปลือกโลกใด ๆ ที่ไม่สามารถทนแรงอัดได้ก็จะแตกหักและมีการเคลื่อนตัวโดยฉับพลัน หรือบางครั้งผลักดันให้เปลือกโลกอีกชิ้น คดโค้งต่อจากนั้นเมื่อสะสมพลังงานมากก็จะดีดตัวกลับเพื่อรักษาสมดุล กระตุ้นให้เกิดความสั่นสะเทือนแผ่กระจายไปทุกทิศทาง บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกเป็นบริเวณแนวแผ่นดินไหวของโลก ดังรูปที่ 2.2 หากพาดผ่านหรืออยู่ใกล้กับประเทศใด ประเทศนั้นจะมีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหวค่อนข้างสูง เช่น ประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ชิลี สหรัฐอเมริกา เป็นต้น นอกจากนั้นแรงที่สะสมในเปลือกโลกยังถูกส่งผ่านเข้าไปในพื้นทวีปตรงบริเวณรอยร้าวของหินใต้พื้นโลกหรือที่เรียกว่ารอยเลื่อน (Fault) ในกรณีที่รอยเลื่อนใดๆ ไม่สามารถทนแรงที่บดอัดได้ก็จะมีการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลันเช่นกัน เพื่อปรับความสมดุลของแรงกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว กระจายคลื่นความสั่นสะเทือนไปทุกทิศทาง เรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวภายในเปลือกโลกใต้พื้นดินว่า ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่แท้จริง (Hypocenter) และเรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวตรงผิวพื้นข้างบนซึ่งสามารถกำหนดพิกัดเป็นตำบลที่ ละติจูดและลองจิจูด ว่าศูนย์กลางแผ่นดินไหวบนผิวพื้น (Epicenter) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลาย ภายในโลก



รูปที่ 2.2 แนวแผ่นดินไหวของโลก



รูปที่ 2.3 Hypocenter และ Epicenter

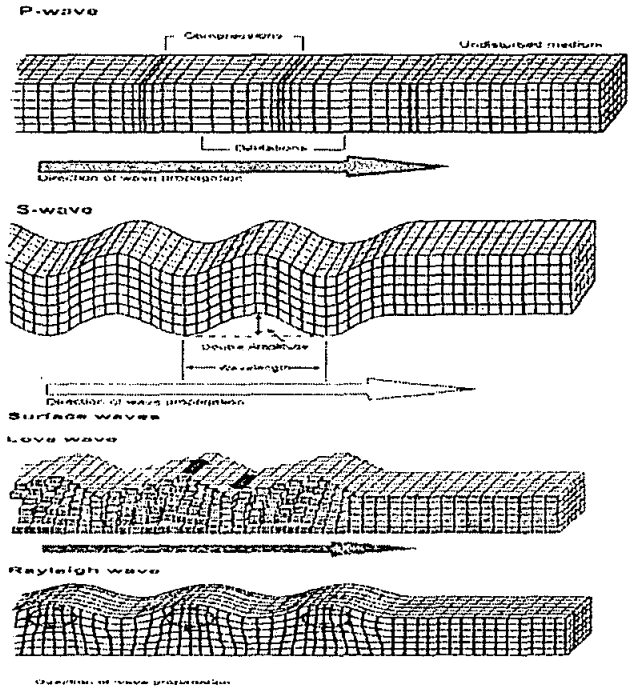
2.2.2 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

ความสั่นสะเทือนของพื้นดินนั้นมีลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคหินหรือดินแบบ 3 มิติ คือสามารถวัดการเคลื่อนตัวในแนวระนาบของทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก และแนวดิ่ง ทั้งนี้ คลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน 2 แบบ ได้แก่ แบบวัดความเร็วของอนุภาคดินหรือหิน (Seismograph) ซึ่งสามารถวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวเพื่อการกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ขนาด เวลาเกิด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของโลก ลักษณะของแนวรอยเลื่อน กลไกการเกิดแผ่นดินไหว และแบบวัดอัตราเร่งของพื้นดิน ได้แก่ 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 แต่ ขณะเดียวกันมีการเคลื่อนตัวแบบย้อนกลับ ความยาวช่วงคลื่นผิวพื้นประมาณ 10-350 วินาที แสดง ดังรูปที่ 4



รูปที่ 2.4 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวจากการตรวจวัดตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวใกล้และคลื่นแผ่นดินไหวไกลที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 2.5

Anderson ซึ่งมีค่ากำลังขยาย 2,800 เท่า ขนาดนี้นำเสนอโดย C. F Richter นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกา ดังนั้นหน่วยของขนาด ML ที่ใช้จึงเป็น "ริกเตอร์" โดยนำค่าของความสูงของคลื่นที่สูงที่สุดของคลื่น S ซึ่งมีช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง 0.1-1.0 วินาทีมาใช้ในการคำนวณ

- MB หรือ mb แสดงขนาดของเหตุการณ์แผ่นดินไหวทั้งใกล้และแผ่นดินไหวไกล (ระยะทางมากกว่า 1,000 กิโลเมตร) เรียกว่าขนาดของคลื่นหลัก (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) และปริมาณพื้นที่ของรอยเลื่อน (Fault Surface Area) ส่วนใหญ่ขนาด Mw ใช้สำหรับกรณีแผ่นดินไหวไกล ที่มีขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.3 การคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

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 2.4

ตารางที่ 2.4 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 สามารถหาได้

จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ จากการวิเคราะห์จากคลื่นความสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดและจากผลการคำนวณซึ่งมีความสัมพันธ์กับขนาด ตัวอย่างเช่น สมการของ กูเตนเบอร์กและริคเตอร์ ดังแสดงข้างล่างนี้

$$\log_{10}PGA = -2.1 + 0.81M - 0.027M^2$$

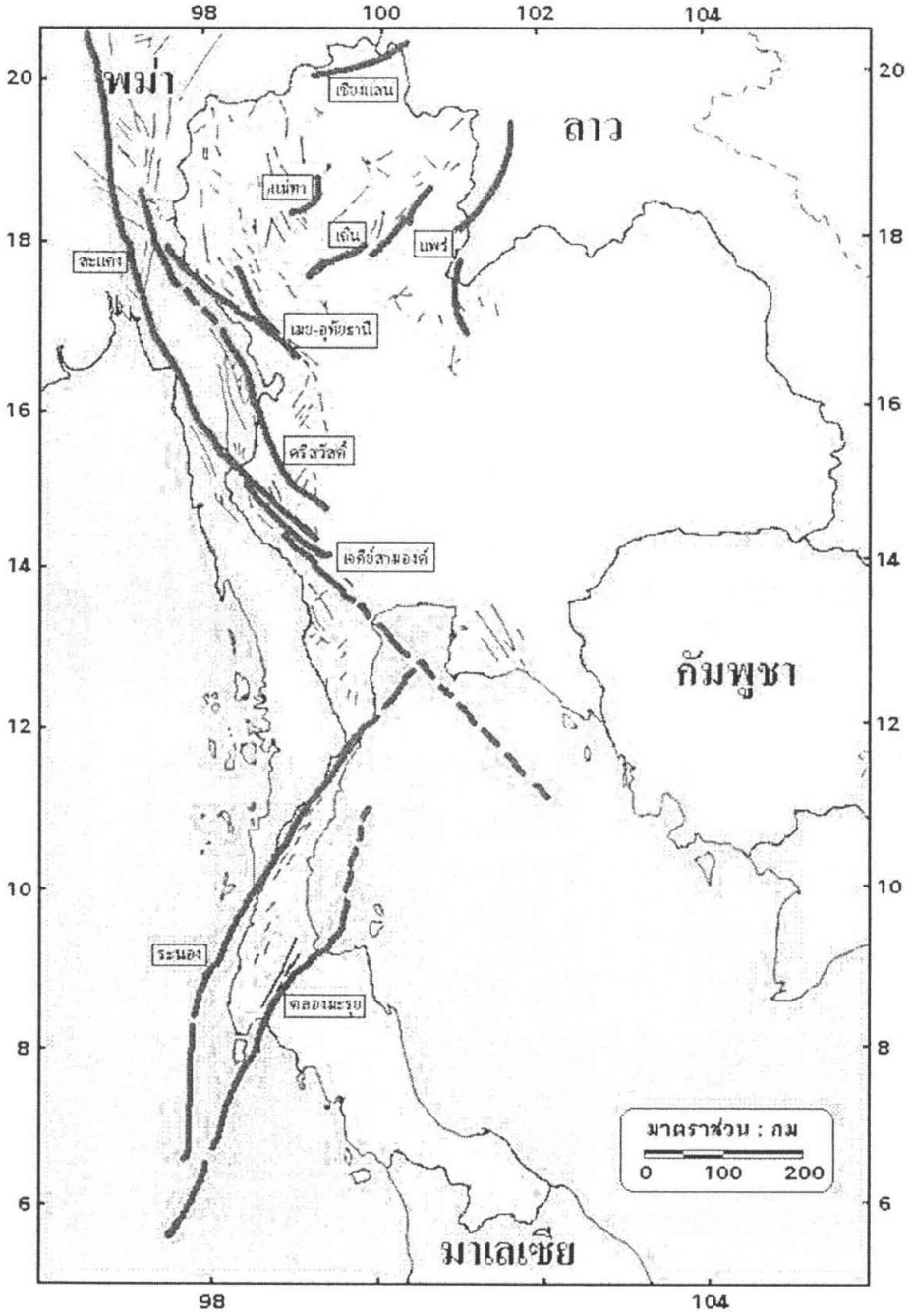
แผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง (Maximum Intensity Map)

ผลของการศึกษาข้อมูลในประวัติศาสตร์ซึ่งรวบรวมนับย้อนหลังไปถึง 624 ปี ก่อนคริสตศักราช ถึงปี พ.ศ. 2527 จากแหล่งข้อมูลต่างๆ อาทิเช่น จาก ศิลาจารึก พงศาวดาร ปูม บันทึก จดหมายเหตุ หนังสือพิมพ์ เอกสารต่างๆ และข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปัจจุบันซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่องมือและรายงานความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆ ของประเทศไทย ทำให้สามารถจัดทำแผนที่แสดงความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง แสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงถึงเหตุการณ์ความรู้สึก ลักษณะของการสั่นไหวของวัตถุ ความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้างต่างๆ เขียนเป็นเส้นแสดงความรุนแรงสูงสุดที่ได้คัดเลือกจากข้อมูลดังกล่าว ทั้งหมด ข้อมูลนี้สามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรม การก่อสร้างในอนาคต ให้สามารถรับแรงที่เคยเกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวในอดีต ณ บริเวณที่สนใจ เพราะมีแนวคิดทางด้านแผ่นดินไหวว่าในบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จะมีปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการเวียนเกิดซ้ำของแผ่นดินไหว (Return Period) โดยแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะมีการเวียนเกิดซ้ำยาวนาน

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

$$\log e = 5.8 + 2.4\ mb \quad \text{หรือ} \quad \log e = 11.8 + 1.5Ms$$

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 2.6 แผนที่ความรุนแรงสูงสุด

2.2.4 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวหรือบริเวณตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะอยู่ตรงบริเวณ

- แนวแผ่นดินไหวของโลก ตรงบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ในกรณีของประเทศไทย แนวแผ่นดินไหวโลกที่ใกล้ๆ ได้แก่ แนวในมหาสมุทรอินเดีย สุมาตรา และ ประเทศเมียนมาร์

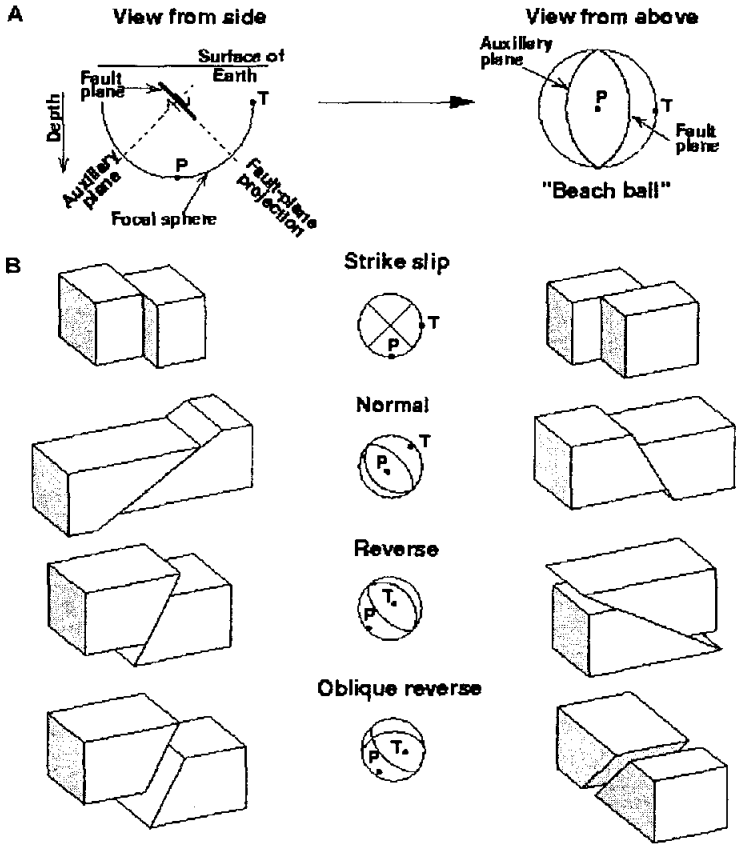
- แนวรอยเลื่อนต่างๆ ในกรณีประเทศไทยได้แก่ แนวรอยเลื่อนในประเทศเพื่อนบ้าน พม่า จีนตอนใต้ สาธารณรัฐประชาชนลาว แนวรอยเลื่อนภายในประเทศซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตก แสดงดังรูปที่ 2.7 ที่น่าสังเกตคือแนวรอยเลื่อนบางแห่งเท่านั้นมีความสัมพันธ์กับเกิดแผ่นดินไหว เช่น รอยเลื่อนแพร่ รอยเลื่อน แม่ทา รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนระนอง เป็นต้น

- บริเวณที่มนุษย์มีกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว เช่น เหมือง เขื่อน บ่อน้ำมัน เป็นต้น

รูปที่ 2.7 รอยเลื่อนภายในประเทศไทย

ปัจจุบันความรู้ความเข้าใจในเรื่องของลักษณะรอยเลื่อนเพิ่มขึ้น รอยเลื่อนสามารถแบ่งออกตามลักษณะการเคลื่อนตัวในทิศทางต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เนื่องจากรอยเลื่อนในประเทศไทยมีด้วยกันหลายแนว แต่รอยเลื่อนทุกแนวนั้นมิใช่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว มีเพียงบางแนวที่ยังเคลื่อนตัวได้ ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว ขนาดของแผ่นดินไหวที่เกิดจากรอยเลื่อนจะมาก

หรือน้อยขึ้นกับความยาวของแนวรอยเลื่อน และระยะทางที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนตัว หรือระยะขจัด หากเคลื่อนตัวได้มากก็จะเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ เช่น แผ่นดินไหวขนาด 7 ริกเตอร์ อาจมี ระยะขจัดประมาณใกล้เคียง 1 เมตรหรือมากกว่า



รูปที่ 2.8 รอยเลื่อนชนิดต่างๆ

2.2.5 การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ

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

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

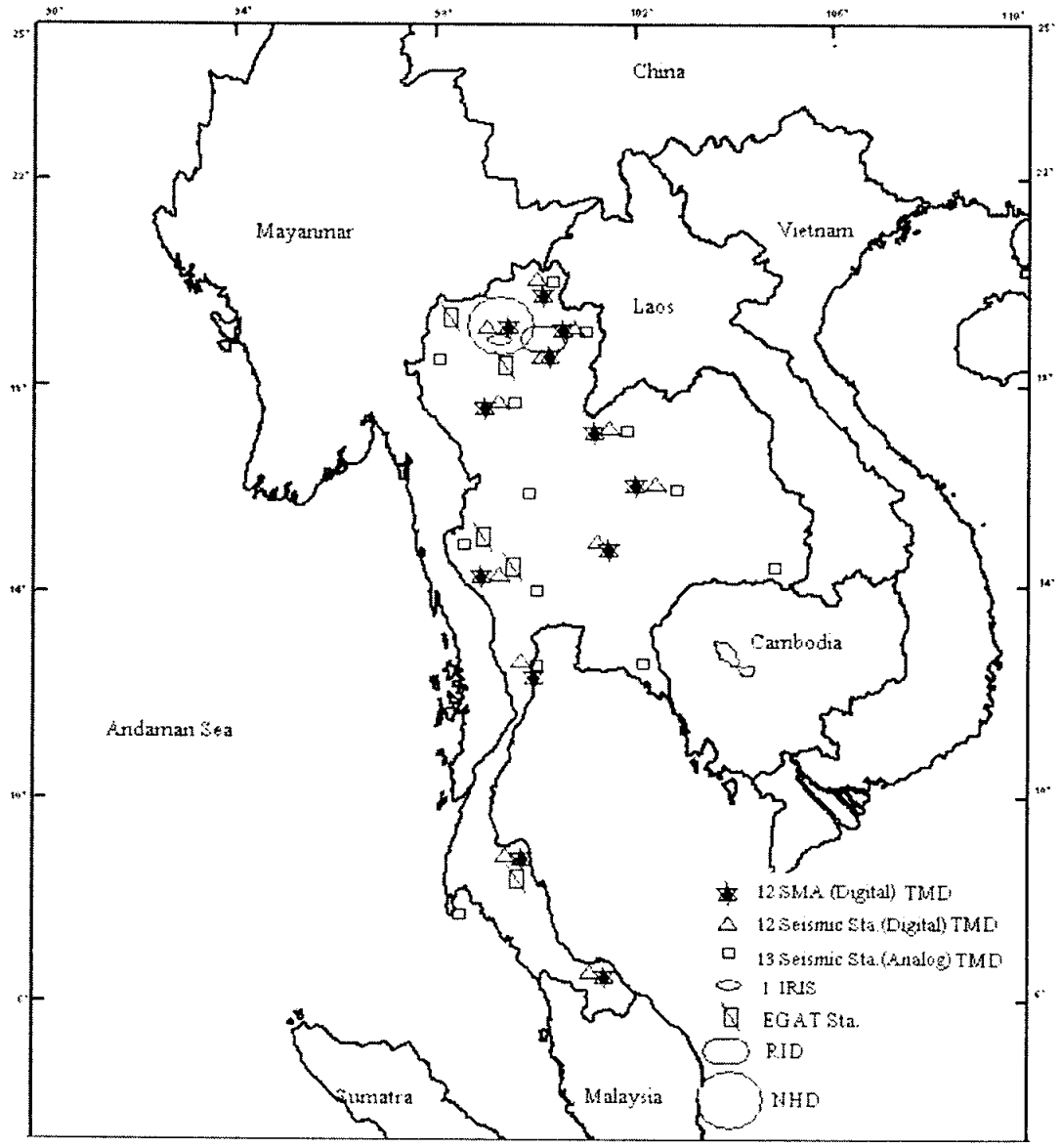
เครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวมีหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบโดยตรง ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา ดังแสดงรายละเอียดของเครื่องมือและสถานีดังตารางที่ 2.5 ทั้งระบบตรวจแบบดิจิตอลและอนาล็อก

ตารางที่ 2.5 สถานีตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา

รหัส	สถานี	ละติจูด	ลองจิจูด	ความสูง (ม)	ช่วงดำเนินงาน	ระบบ
CHG	เชียงใหม่(A)	18 48 49.8	98 56 37.8	416	มีค.1963-1991	WWSSN
CHTO	เชียงใหม่(D)	18 48 49.8	98 56 37.8	316	มีค. 1963	Digital,IRIS
SNG	สงขลา(A)	7 10 37.2	100 36 59.4	4	ตค. 1965	WWSSN
BDT	เขื่อนภูมิพล(A)	17 14 39.6	99 00 10.8	154	มค. 1976	SPS,1Hz
PCT	ปากช่อง(A)	14 40 51.0	101 24 39.6	360	ตค. 1978	SPS,1Hz
NST	นครสวรรค์(A)	15 40 21.6	100 07 58.8	34	กย. 1982	SPS, 1Hz
KHT	เขื่อนเขาแหลม(A)	14 47 05.4	98 35 33.0	173.3	ตค. 1982	SPS, 1Hz
NNT	หนองพลับ(A)	12 35 23.4	99 44 01.8	106	พย.1982	SPS, 1Hz
LOE	เลย(A)	17 24 22.8	101 43 47.4	258.7	สค.1984	SPS, 1Hz
KBR	กาญจนบุรี(A)	14 01 00.0	99 32 00.0	28	ธค. 1986	SPS, 1Hz
UBT	อุบลราชธานี(A)	15 14 44	105 01 06.0	-	ธค. 1993	SPS, 1Hz
PKT	ภูเก็ต(A)	8 04 48	98 11 24	-	กค. 1994	SPS, 1Hz
NAN	น่าน(A)	18 48 00	100 42 00	264.03	มค. 1995	SPS, 1Hz
CHA	จันทบุรี(A)	12 31 00	102 10 00	22.32	พค. 1996	SPS, 1Hz
CHR	เชียงราย(A)	19 52 15.1	99 46 57.7	380	กค. 1996	SPS,1Hz
CH	เชียงราย(D)	19 52 39	99 46 26	380	พค.1998	L4-C,SSA-320
MA	แม่ฮ่องสอน(D)	19 16 13	97 58 14	180	พค. 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
PH	แพร่(D)	18 29 56	100 13 45		พค. 1998	CMG-40,SSA-320
TA	ตาก(D)	17 14 37	99 0 8	40	พค. 1998	L4-C,SSA-320
KH	ขอนแก่น(D)	16 20 16	102 49 23	140	พค. 1998-2002	CMG-40,SSA-320
KA	เขื่อนศรีนครินทร์กาญจนบุรี(D)	14 23 40	99 7 17	190	พค. 1998	CMG-40,SSA-320
LO	เลย	17 24 35	101 43 47	230	พค.1998	L4-C,SSA-320
PA	ปากช่อง(D)	14 38 37	101 19 05	300	พค.1998-2002	L4-C,SSA-320
NO	หนองพลับ(D)	12 35 25	99 44 0	40	พค.1998-2002	L4-C,SSA-320
SU	สุราษฎร์ธานี(D)	9 8 41	99 38 0	3	พค.1998-2002	L4-C,SSA-320
SO	สงขลา(D)	7 10 32	100 36 56	10	พค.1998	L4-C,SSA-320

A = Analog, D = Digital

ปัจจุบันเครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาได้ปรับปรุงรวมถึงเพิ่มเติมระบบการตรวจวัดจากเดิมระบบอนาล็อกเป็นระบบดิจิตอลโดยส่งผ่านสัญญาณด้วยระบบสื่อสารดาวเทียมแบบเวลาจริง โดยมีศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลแบบอัตโนมัติ ณ ส่วนกลางกรมอุตุนิยมวิทยา แสดงดังรูปที่ 2.9 ซึ่งแสดงรายละเอียดเครื่องมือทั้งหมดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีเครือข่ายการตรวจวัดความสั่นสะเทือนได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีเครือข่ายและเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหวบริเวณเขื่อนต่างๆ ด้านตะวันตก ภาคเหนือ และภาคใต้ของประเทศ อีกหน่วยงานหนึ่งได้แก่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือมีเครือข่ายมีลักษณะเป็นแบบ Array มีวัตถุประสงค์ในตรวจสอบความสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากการทดสอบนิวเคลียร์ใต้พื้นดินและตำแหน่งของแผ่นดินไหวใกล้



รูปที่ 2.9 เครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวของหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทย

2.2.6 สถิติแผ่นดินไหว

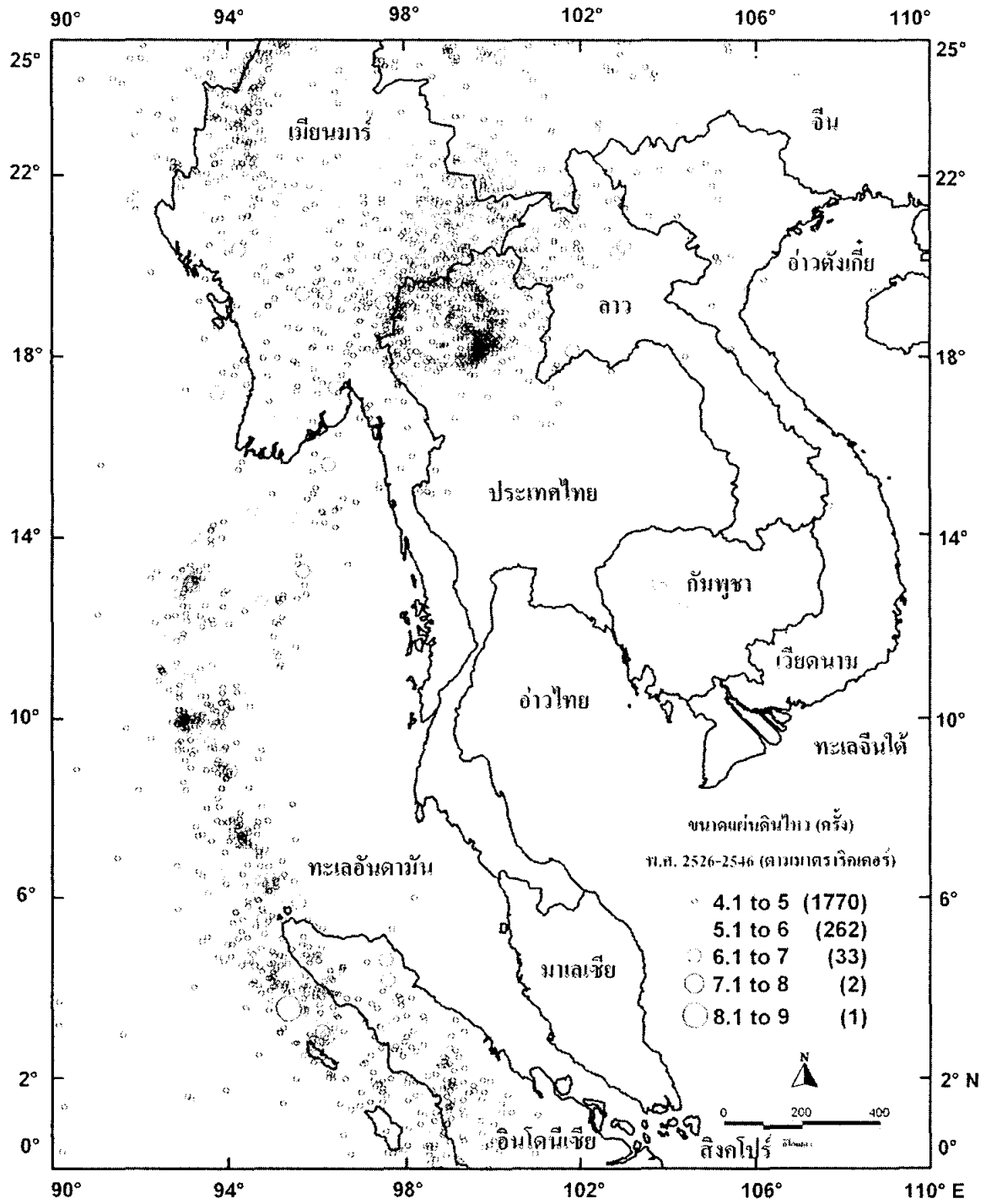
แผ่นดินไหวในประเทศไทยนั้นมีการรวบรวมสถิติข้อมูลในอดีตจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น ศิลาจารึก พงศาวดาร ปูม จดหมายเหตุ สิ่งพิมพ์ อื่นๆ พบว่าเริ่มต้นบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในลักษณะของความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) ส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายที่เกิด ในช่วงตั้งแต่ 624 ปี ก่อนคริสต์ศักราช จนถึงราวปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมา จึงเริ่มมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือของเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศตรงบริเวณแนวรอยเลื่อนของภาคตะวันตกและภาคเหนือ กับจากแหล่งกำเนิดรอยเลื่อนบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน ประเทศพม่า สาธารณรัฐประชาชนจีน ทะเลอันดามัน และบริเวณเกาะสุมารตรา โดยเฉลี่ยเกิดแผ่นดินไหวรู้สึกได้ประมาณปีละ 5-6 ครั้ง ตารางที่ 2.6 แสดงข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานความเสียหาย

ตารางที่ 2.6 ข้อมูลแผ่นดินไหวสำคัญและมีรายงานความเสียหาย

วัน เดือน ปี	เวลาเกิด / ขนาด	ตำแหน่งศูนย์กลาง/ สถานที่รู้สึกสั่นไหว	เหตุการณ์
พ.ศ. 1003	กลางคืน	โยนกนคร	แผ่นดินไหว 3 ครั้ง โยนกนครจมลงใต้ดิน
พ.ศ. 1077	ยามเช้า	โยนกนคร	ยอดเจดีย์หัก 4 แห่ง
พ.ศ. 2088	-	จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่เชียงใหม่ยอดเจดีย์หลวงหักจากความสูง 86 เมตร เหลือ ประมาณ 60 เมตร
พ.ศ. 2258	ขึ้น 6 ค่ำ เดือน 7	เชียงแสน	รู้สึกแผ่นดินไหว วัดและเจดีย์ 4 ตำบลถูกทำลาย
17 กพ. 2518	10 38 19.8 /5.6	พรมแดนประเทศไทย-ประเทศพม่า	ศูนย์กลางบริเวณ อ.ท่าสองยาง จ.ตาก เสียหายเล็กน้อยในภาคเหนือ ภาคกลาง และกรุงเทพ
26 พค. 2521	06 22 29.1/ 4.8	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.พร้าว รู้สำสั่นไหวนาน 15 วินาที ที่ จ.เชียงราย เชียงใหม่ ลำปาง
22 เมย. 2526	07:37:1021/5.9	อ.ศรีสวัสดิ์ จ. กาญจนบุรี	รู้สึกเกือบทุกภาค มีความเสียหายเล็กน้อย ในกรุงเทพ
1 ตค. 2532	01:19:23.3/5.3	พรมแดนประเทศไทย-ประเทศพม่า	รู้สึกสั่นไหว ภาคเหนือตอนบน เสียหายเล็กน้อย จ.เชียงใหม่ และ จ.เชียงราย
11 กย. 2537	03 34 00/5.1	อ.พาน จ.เชียงราย	มีความเสียหาย บริเวณ อ.พาน ต่อวัด โรงพยาบาล โรงเรียน หลายแห่ง
12 กค. 2538	0446 39.8/7.2	ประเทศพม่า	รู้สึกได้บริเวณ ภาคเหนือตอนบน และอาคารสูง ในกรุงเทพ สิ่งก่อสร้างในจังหวัดเชียงรายเสียหายเล็กน้อย

ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

วัน เดือน ปี	เวลาเกิด / ขนาด	ตำแหน่งศูนย์กลาง/ สถานที่รู้สึกสั่นไหว	เหตุการณ์
11 กย. 2537	03 34 00/5.1	อ.พาน จ.เชียงราย	มีความเสียหายต่อวัด โรงพยาบาล โรงเรียน หลายแห่ง
12 กค. 2538	0446 39.8/7.2	ประเทศพม่า	รู้สึกได้บริเวณภาคเหนือตอนบน และอาคารสูง ในกรุงเทพ สิ่งก่อสร้างในจังหวัดเชียงรายเสียหาย เล็กน้อย
9 ธ.ค. 2538	20 26 00/5.1	อ.ร้องกวาง จ. แพร่	รู้สึกได้ที่ จ.เชียงใหม่ จ.เชียงราย จ.ลำพูน จ.ลำปาง จ.พะเยา จ.แพร่ จ.อุตรดิตถ์ และ จ.น่าน เสียหาย เล็กน้อยที่ จ.แพร่
21 ธค. 2538	23 30 00/5.2	อ.พร้าว จ.เชียงใหม่	สิ่งก่อสร้างเสียหายเล็กน้อยบริเวณใกล้ศูนย์กลาง
22 ธค. 2539	00 51 00/5.5	พรมแดนประเทศไทย-ประเทศลาว	มีความเสียหายเล็กน้อยที่ จ.เชียงราย
20 มค. 2543	03 59 00/5.9	ประเทศลาว	เสียหายเล็กน้อยที่ จ.น่าน จ.แพร่
2 กค. 2545	10 54 00/4.7	อ.เชียงแสน จ.เชียงราย	เสียหายเล็กน้อยที่ อ.เชียงแสน อ.เชียงของ
22 กย.2546	01 16 00/6.7	ประเทศพม่า	เสียหายเล็กน้อยอาคารสูงบางแห่งใน กรุงเทพ
3 กพ. 2547	24 58 00 /1.9	อ.สันทรายจ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่
27 มีค. 2547	11 05 00/3.4	อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.แม่สรวย จ.เชียงราย
6 เมย. 2547	11 49 00/3.1	อ.เมือง จ.เชียงราย	รู้สึกที่ อ.เมือง จ. เชียงราย
30 พค.2547	23 53 00/2.0	อ.สันทรายจ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สันทราย จ.เชียงใหม่
11 กย.2547	08 30 00/3.7	อ.สเมิง จ.เชียงใหม่	รู้สึกที่ อ.สเมิง อ.หางดง อ.เมือง จ.เชียงใหม่
17 กย.2547	18 25 00/5.8	ทะเลอันดามัน	รู้สึกบนอาคารสูง กรุงเทพ
26 ธค.2547	07 58 00/9.0	ตะวันตกเกาะสุมาตรา	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูงกรุงเทพ มีความเสียหายมากจาก สึนามิและผู้เสียชีวิตกว่า 5,000 คน
26ธค.2547	08 30 00/6.4	ประเทศพม่า	รู้สึกหลายจังหวัดในภาคใต้ อาคารสูง กรุงเทพ
27 ธค.2547	16 39 00/6.6	ทะเลอันดามัน	รู้สึกที่ จ.ภูเก็ต
30 ธค.2547	0807,0813/5.4	ประเทศพม่า	รู้สึก ที่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่



รูปที่ 2.10 ตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง

2.2.7 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายจากแผ่นดินไหว

มีปัจจัยหลายประเภทซึ่งเป็นองค์ประกอบสำหรับพิจารณาในเรื่องของความเสียหายมากหรือน้อยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่

2.2.7.1 ขนาดและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

- แผ่นดินไหวที่อยู่ในแนวแผ่นดินไหวโลก และเกิดจากแรงเทคโทนิกภายในเปลือกโลกโดยเฉพาะบริเวณที่มีการชนกันของเปลือกโลกมักทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

- แผ่นดินไหวที่เกิดจากแนวรอยเลื่อนที่มีความยาวมากๆ จะมีศักยภาพทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

- แผ่นดินไหวที่เกิดจาก การกระตุ้นของมนุษย์ มักมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงปานกลาง เช่นการทำเหมือง การสร้างเขื่อน เป็นต้น

2.2.7.2 ระยะทาง

โดยปกติแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากันแต่ระยะทางต่างกัน ระยะทางใกล้กว่าย่อมมีความสั่นสะเทือนของพื้นดินมากกว่ามีศักยภาพของภัยมาก ยกเว้นในกรณีคลื่นยักษ์ใต้น้ำอาจเกิดจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ไกล

2.2.7.3 ความลึกของแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกไม่มากหรือแผ่นดินไหวผิวพื้นจะก่อความเสียหายได้มากกว่าแผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกมากหลายร้อยกิโลเมตร ตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวผิวพื้นที่เกิดจากกระตุ้นของการทำเหมืองในประเทศแอฟริกาใต้มีขนาดประมาณ 5 ริกเตอร์ แต่เนื่องจากมีความลึกไม่ถึง 1 กิโลเมตร ก่อความเสียหายทำให้สิ่งก่อสร้างบริเวณใกล้เคียงพังทลายลง

2.2.7.4 ทิศทางการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

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

2.2.7.5 เวลาเกิด

เวลาเกิดของแผ่นดินไหวมีผลกระทบต่อความเสียหาย เนื่องจากกิจกรรมบางอย่างที่มนุษย์กระทำหรืออยู่ร่วมกัน มีทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวในช่วงที่มีกิจกรรมดังกล่าวโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะมีความเสียหายรุนแรงเพิ่มขึ้น

2.2.7.6 ความยาวนานของแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่มีความสั่นสะเทือนกินเวลาหลายวินาที ความเสียหายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวประกอบด้วยคลื่นความสั่นสะเทือนหลายความยาวช่วงคลื่นหรือหลายความถี่ ในกรณีที่แผ่นดินไหวมีความสั่นสะเทือนยาวนาน ณ ความถี่ที่ตรงกับค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารสิ่งก่อสร้างจะช่วยเสริมให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อโครงสร้างได้

2.2.7.7 ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหว

ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ในบริเวณรกร้าง ในป่าเขา ในทะเล มหาสมุทร ไกลจากชุมชนมาก ความสั่นสะเทือนที่เกิดย่อมมีอันตรายน้อยกว่า แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางใกล้ชุมชน

2.2.7.8 สภาพทางธรณีวิทยา

สภาพทางธรณีวิทยามีส่วนอย่างมากในการก่อความเสียหายจากความสั่นสะเทือน บริเวณที่มีการดูดซับพลังงานจากความสั่นสะเทือนได้มากหรือมีค่าการลดทอนพลังงานมาก (High Attenuation) จะได้รับความเสียหายน้อย เช่น ในบริเวณที่เป็นหินแข็ง แต่ในบริเวณที่เป็นดินอ่อน จะช่วยขยายการสั่นสะเทือนของพื้นดินได้มากกว่าเดิมหลายเท่า และความเสียหายจะเพิ่มขึ้นมาก เช่น ในกรณีของแผ่นดินไหวที่ประเทศเม็กซิโก เมื่อปี ค.ศ. 1985 และในกรณีของประเทศไทย พื้นดินใต้กรุงเทพมหานคร เป็นดินอ่อน มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับพื้นดินใต้เม็กซิโกซิตี้ซึ่งสามารถขยายความรุนแรงของการสั่นไหวได้ จากการศึกษาวิจัยพบว่า พื้นดินกรุงเทพมหานครขยายความสั่นสะเทือนได้ดีที่ ความถี่ประมาณ 1 Hz

2.2.7.9 ความแข็งแรงของอาคาร

อาคารที่สร้างได้มาตรฐานมั่นคงแข็งแรง มีการออกแบบและก่อสร้างให้ต้านแผ่นดินไหว จะสามารถทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี เมื่อเกิดแผ่นดินไหวจะเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัยได้ในระดับหนึ่ง

2.2.7.10 การเตรียมพร้อม

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

2.2.8 แหล่งข้อมูลแผ่นดินไหว

ตารางที่ 2.7 ข้อมูลแผ่นดินไหวและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

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

2.2.9 การจัดระบบป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหว

ภัยแผ่นดินไหวเป็นภัยที่ยังไม่สามารถคาดการณ์หรือพยากรณ์ได้แม่นยำ นอกจากนั้นยังเป็นภัยธรรมชาติที่ไม่เลือกเวลาเกิดและสามารถส่งผลกระทบข้ามประเทศได้ทางทั้งทางตรงและทางอ้อม วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเผชิญภัยแผ่นดินไหว ได้แก่การมีระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพ ก่อนการเกิด ขณะเกิด และหลังการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมที่ต้องคำนึงถึง ตัวอย่างเช่น

ก่อนการเกิดแผ่นดินไหว

1. มีข้อบังคับการออกแบบ และก่อสร้างอาคารต้านแผ่นดินไหวในพื้นที่เสี่ยงภัย
2. การศึกษาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว รอยเลื่อนต่างๆ ว่าเป็นรอยเลื่อนมีพลังหรือไม่ สามารถก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้ขนาดสูงสุดเท่าใด มีค่าการอุบัติซ้ำ (Return period) กี่ปี
3. มีแผนที่แบ่งเขตเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
4. มีระบบปิดอัตโนมัติสำหรับ ระบบอุปกรณ์ที่จะมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนโดยส่วนรวม เช่น รถไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ เป็นต้น รวมทั้งมีระบบสำรองข้อมูลที่สำคัญ
5. อาคารสิ่งก่อสร้างเดิม มีความแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ ต้องมีการเสริมความแข็งแรงบริเวณใด
6. การควบคุมการก่อสร้าง และคุณภาพของวัสดุก่อสร้าง ต้องมีมาตรฐานและเข้มงวด
7. ประเมินความเสี่ยงของบริเวณที่คาดว่าจะมีผลกระทบรุนแรงต่อประชาชน

8. มีแผนปฏิบัติการสำหรับการตอบสนองต่อเหตุการณ์วิกฤตเมื่อเกิดแผ่นดินไหวรุนแรง และป้องกันผลกระทบที่ตามมา เช่นไฟไหม้ เป็นต้น นอกจากนั้นต้องมีแผนการฟื้นฟูในด้านต่างๆ

9. มีระบบตรวจวัดความสั่นสะเทือนที่หนาแน่นและมีประสิทธิภาพ

10. มีระบบประกันภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในบริเวณเสี่ยงภัย

ขณะเกิดแผ่นดินไหว

1. อาคารสิ่งก่อสร้าง ที่อยู่อาศัย และสิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญต่อสาธารณูปโภค มีสมรรถนะในการต้านแผ่นดินไหวเพียงพอ สิ่งของวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ การสื่อสาร คอมพิวเตอร์ มีการป้องกันที่ดีพอ

2. ประชาชนมีความเชื่อมั่นต่อความแข็งแรงโครงสร้างของอาคารที่พักอาศัย สถานที่ทำงาน และมีความเข้าใจในการปฏิบัติตนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว

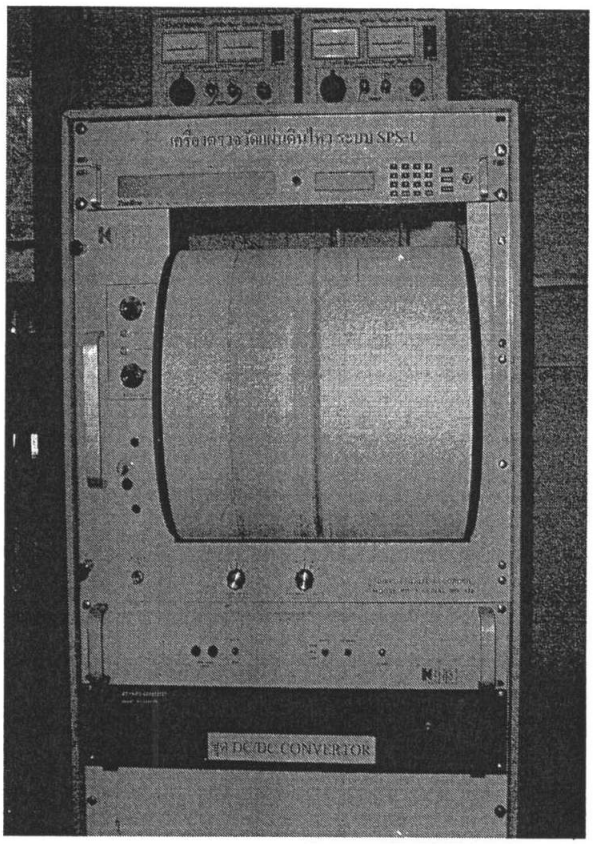
หลังเกิดแผ่นดินไหว

1. การปฏิบัติการค้นหาช่วยชีวิต การเตรียมอุปกรณ์ช่วยเหลือ การพยาบาล สุขอนามัย อาหาร น้ำ และเสื้อผ้า

2. การซ่อมแซม บูรณะฟื้นฟู สิ่งก่อสร้างที่เสียหาย และระบบสาธารณูปโภคที่เสียหาย ซึ่งการแก้ไขอาจนานนับเดือนหรือปี

3. การสร้างอาคารที่พักชั่วคราว

2.3 หลักการเบื้องต้นของระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา



รูปที่ 2.11 ระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา

ส่วนประกอบของระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา

1. ตัววัดความสั่นสะเทือน
2. ภาคสอบเทียบสัญญาณ
3. ภาคขยายสัญญาณ
4. ภาคบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว
5. ภาคนาฬิกาสอบเทียบเวลามาตรฐาน
6. ภาคแหล่งจ่ายไฟ $\pm$12 โวล์ต
7. ระบบจ่ายไฟฟ้า
8. ระบบไฟฟ้าสำรอง

การทำงานในส่วนประกอบของระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา

1. ตัววัดความสั่นสะเทือน ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการเมื่อเกิดแผ่นดินไหว จะเกิดความสั่นสะเทือนทำให้แม่เหล็กเคลื่อนตัดกับขดลวด ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าในขดลวดส่งต่อผ่านภาคสอบเทียบสัญญาณไปยังภาคขยายสัญญาณต่อไป

2. ภาคสอบเทียบสัญญาณ ทำหน้าที่สอบเทียบเครื่องมือตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหวว่าสามารถใช้งานได้ตามปกติหรือไม่โดยทำการสอบเทียบในระยะเริ่มต้นในการบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว และก่อนนำเอากระดาษบันทึกแผ่นดินไหวออก หลักการทำงานโดยใช้ไฟ DC ส่งเข้าไปในขดลวดสอบเทียบสัญญาณ ของตัววัดความสั่นสะเทือนซึ่งทำให้แม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดผ่านขดลวดอีกชุดหนึ่ง ทำให้เกิดพลังงานไฟฟ้าและจะเกิดการบันทึกคลื่นพัลส์ บนกระดาบันทึกแผ่นดินไหวนอกจากนี้ยังทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณในสภาวะปกติอีกด้วย

3. ภาคขยายสัญญาณ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ส่งมาจากตัวสอบเทียบให้สูงขึ้นและไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นสัญญาณแล้วส่งเข้าไปในภาคบันทึกคลื่นแผ่นดินไหวภาคขยายสัญญาณสามารถตั้งค่าอัตราการขยายได้ตามความประสงค์

4. ภาคบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลโดยรับสัญญาณมาจากตัวขยายสัญญาณ ปากกาบันทึกข้อมูลเป็นแบบหมึก ในปัจจุบันนี้ได้พัฒนาใช้ปากการะบบความร้อน ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่า และมีข้อดีดังนี้

4.1 ไม่มีปัญหายุ่งยากในการบันทึกแก่เจ้าหน้าที่ ถ้าเป็นแบบหมึกจะมีปัญหาหมึกไม่ไหลอยู่เสมอทำให้ขาดข้อมูลรวมทั้งต้องทำการเปลี่ยนปากกาอยู่เสมอเนื่องจากปากกาสึก

4.2 เส้นการบันทึกชัดเจนคงที่ ถ้าเป็นแบบหมึกเมื่อใช้ระยะแรกเส้นจะเล็กและมีปัญหาเรื่องหมึกอุดตันระยะต่อมาปากกาสึกจะมีเส้นบันทึกขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้การบันทึกไม่คมชัด

4.3 สามารถใช้นานเกินกว่า 10 ปี (ถ้าเป็นแบบหมึกอาจต้องใช้แห่งละ 1-2 อันต่อปี) เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบันทึกแผ่นดินไหว

4.4 การบันทึกแผ่นดินไหวชัดเจนสม่ำเสมอ ถ้าเป็นหมึกขณะที่เกิดแผ่นดินไหวรุนแรงหมึกจะกระเซ็นบนกระดาษบันทึก

อย่างไรก็ตามปากการะบบความร้อนก็มีข้อเสียอยู่บ้างคือ กระดาษบันทึกแพงกว่าแบบบันทึกข้อมูลด้วยหมึก แต่ในอนาคตจะถูกลงเพราะมีผู้ใช้กันมากขึ้น

5. นาฬิกาแบบตัวเลข ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเวลา (นาที ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง) ไปบันทึกกระดาษแผ่นดินไหว ทำให้เราทราบได้ว่าเวลาที่เกิดแผ่นดินไหวเป็นเวลาเท่าใด นาฬิกาแบบนี้จะออกแบบให้มีค่าอัตราผิดน้อยมากประมาณ 3-10 mS

6. เครื่องรับสัญญาณวิทยุเทียบเวลา ทำหน้าที่รับสัญญาณเวลาจากสถานีต่างๆ เช่น ของญี่ปุ่น อินเดีย สหรัฐฯ หรือ จีนแดง เป็นต้น เพื่อใช้ในการสอบเทียบเวลา และตั้งนาฬิกาแบบตัวเลขให้ถูกต้องทุกๆ วัน ก่อนทำการบันทึกแผ่นดินไหว รวมทั้งทราบอัตราผิดของนาฬิกาดังกล่าวในแต่ละวันอีกด้วย

7. ระบบจ่ายไฟฟ้า ทำหน้าที่จ่ายไฟฟ้า DC ไปเลี้ยงเครื่องต่างๆทั้ง 6 ข้อ ตามที่กล่าวมาแล้ว ระบบจ่ายไฟฟ้า จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

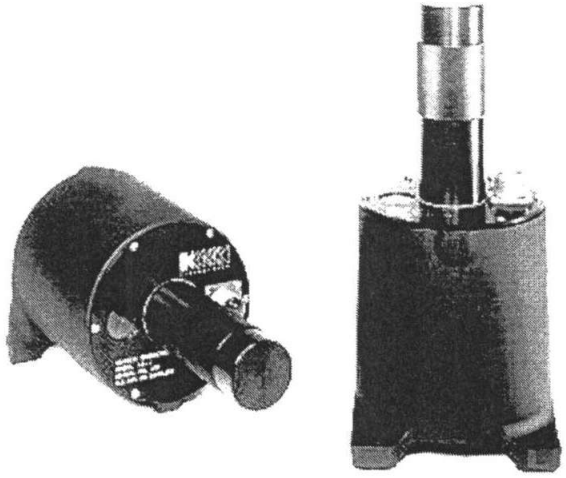
7.1 ระบบป้องกันฟ้าผ่าทาง AC line voltage จำนวน 1 ชุด

7.2 เครื่องประจุไฟแบตเตอรี่ 220 VAC/0-15 VDC จำนวน 1 ชุด

7.3 หม้อแบตเตอรี่ ขนาด 70 AH , 12 VDC จำนวน 1 หม้อ

อนึ่งปัจจุบันนี้เครื่องมือตรวจแผ่นดินไหว ระบบ SPS-1 จะออกแบบรวมนาฬิกาแบบตัวเลข และเครื่องรับสัญญาณวิทยุเทียบเวลา เข้าไว้เป็นหน่วยเดียวกัน

2.3.1 ตัววัดความสั่นสะเทือน



รูปที่ 2.12 ตัววัดความสั่นสะเทือน

คุณสมบัติเฉพาะของ SS-1

แบบ	: Velocity Transducer (สามารถป้องกันน้ำได้)
การออกแบบ	: ให้ Coil อยู่กับที่แม่เหล็กสามารถเคลื่อนที่ได้โดยออกแบบมีตัวล็อกด้านล่างและด้านบน ซึ่งมีระดับน้ำเป็นตัวตั้งระดับ
National Frequency	: ~1.0 Hz, Vertical
National Frequency	: ~1.0 Hz, Horizontal
National Period	: 0.5 วินาที ถึง 2 นาที (กรมอุตุนิยมวิทยาใช้ 1 นาที)

Calibration Coil : ~100 Ohms

Output Coil : ~ 5708 Ohms

Critical Damping Resistance : ~ 6000 Ohms

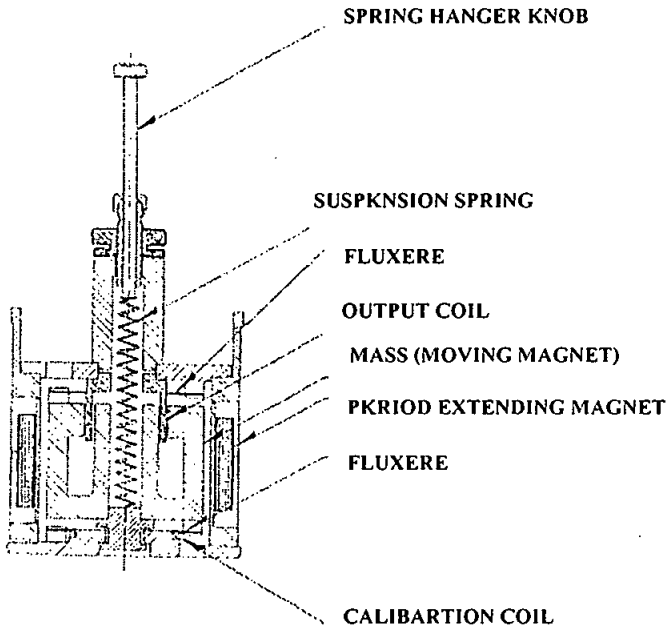
ขนาด : กว้าง 5.5 นิ้ว สูง 12 นิ้ว

น้ำหนัก : 5.0 กิโลกรัม

อุณหภูมิที่ใช้งาน :-40 C ถึง 70 C

คุณสมบัติทั่วไปของSS-1

ตัววัดความสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหว (SS-1) ออกแบบ ให้สามารถนำพาเคลื่อนที่ได้ที่มีความไวใน การวัดสูง สามารถใช้ได้ทั้งแนวนิ่งและแนวนอน สามารถป้องกันน้ำได้ มีขนาดกว้าง (เส้นผ่าศูนย์กลาง) 5.5 นิ้ว น้ำหนักประมาณ5กิโลกรัม



รูปที่ 2.13 โครงสร้างตัววัดความสั่นสะเทือน

เมื่อใช้ SS-1 ติดตั้งวัดในแนวดิ่งสปริงจะขยายออกเต็มที่ แต่เมื่อใช้วัด ในแนวนอนสปริงจะไม่มีความ เค้น แรงดึงของสปริงจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปรับ Hanger Rod ออกแบบแม่เหล็กเป็นแบบ Rod ขนาดเล็กติดตั้งรอบๆ Mass ข้อความระมัดระวังคือ การปรับแต่ง Field Strength และ Position of Period Extending Magnet ทางโรงงานได้ปรับแต่งไว้เรียบร้อยแล้ว

สูตรการคำนวณ

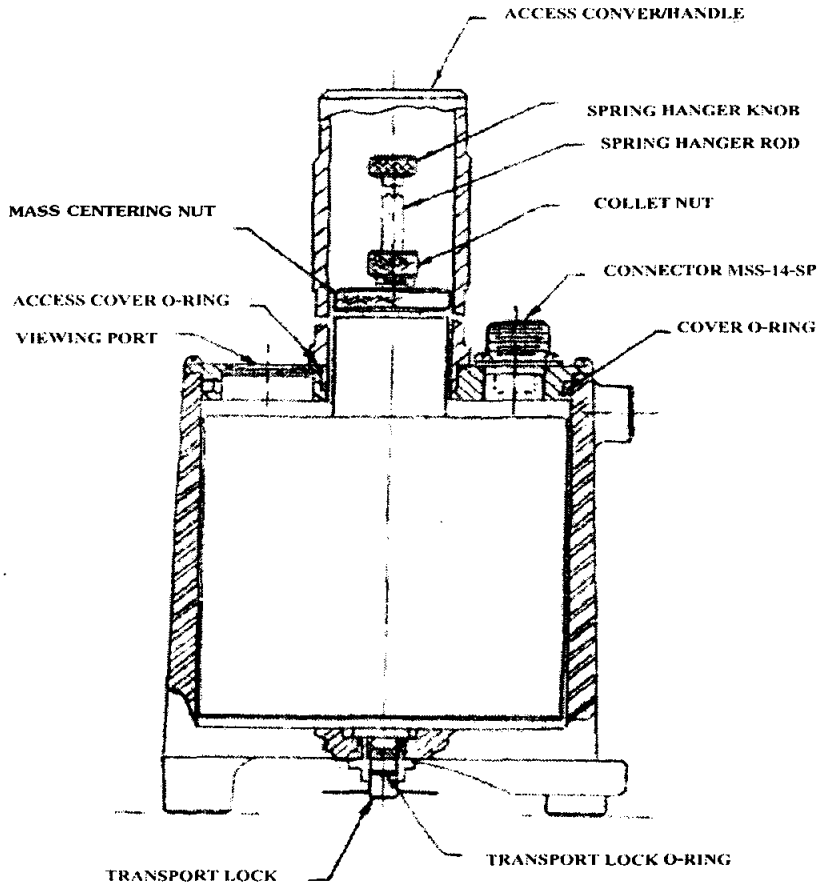
G_L หมายถึง $G_O \times R_X / (R_X + R_c)$

G_L หมายถึง Unattenuted Seismometer Output

G_O หมายถึง Open Circuit Generator Constant in Volts/Meter/Second

Rx หมายถึง External Damping Resistant, Ohms

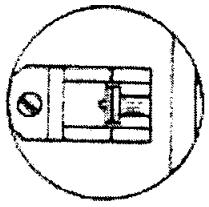
Rc หมายถึง Coil Resistant, Ohms



รูปที่ 2.14 โครงสร้างตัววัดความสั่นสะเทือน

วิธีการติดตั้ง SEISMOMETER

1. คลาย Lock ด้านล่าง Transporter
2. คลาย Collet Nut
3. ดึง Spring Hanger Knob และดูที่ Viewing Port ให้ลิ่มอยู่ในแนวตรงเดียวกันแล้วกด Lock Collet Nut ให้แน่น



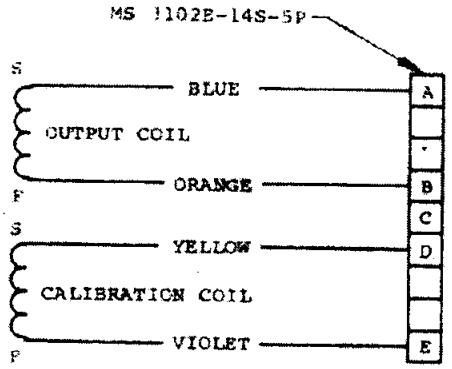
รูปที่ 2.15 โครงสร้าง Mass Centered ตัววัดความสั่นสะเทือน

4. ปรับแต่งแบบละเอียด Mass Centering Nut ให้ลิ่มตรงแนวเดียวกันอีกครั้ง
5. ปิดฝา Access Cover/Handle
6. ให้ใส่สายเคเบิ้ลที่ Connector
7. ปิดฝา Housing ของ Seismometer และใส่กุญแจให้เรียบร้อย

วิธีการเคลื่อนย้าย Seismometer

1. คลาย Collet nut ให้ Spring Hanger Knob ลงต่ำสุดแล้ว Lock Collet nut
2. Lock Transport Lock ให้แน่น
3. ปิดฝา Access Cover /Handle

การต่อสายภายใน Sensor ระหว่างขดลวด กับขั้วต่อ ของ SS-1



รูปที่ 2.16 โครงสร้าง Coil ตัววัดความสั่นสะเทือน

1. สายสีน้ำเงิน ต่อระหว่างขดลวด ขั้ว S กับ Connector ขั้ว A
2. สายสีส้ม ต่อระหว่างขดลวด ขั้ว F กับ Connector ขั้ว B
3. สายสีเหลือง ต่อระหว่างขดลวด ขั้ว S กับ Connector ขั้ว D
4. สายสีม่วง ต่อระหว่างขดลวด ขั้ว F กับ Connector ขั้ว E

วิธีปรับแต่ง Seismometer ทุกๆ 2 เดือน (สำหรับเจ้าหน้าที่แผ่นดินไหว)

1. ถอด Connector (SEIS. Input) ที่ CP-1 ด้านหลังเครื่องบันทึกแผ่นดินไหว (VR-2)
2. ไขกุญแจปิดฝา Housing ของ Seismometer
3. ดำเนินการตามขั้นตอนวิธีการเคลื่อนย้าย Seismometer รวม 3 ข้อ ดังกล่าว
4. ปิดฝา และใส่กุญแจให้เรียบร้อย

ข้อควรระวัง

1. ในสถานีที่ทำงานการบันทึกสอบเทียบและ การปฏิบัติงานปกติสวิทซ์ S_1 จะเปิดแสดงว่าไม่มีค่าความต้านทานตกคร่อม Calibration Coil

2. การเคลื่อนที่ SS-1 จากแห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่งต้องทำการ Lock SS-1 มิฉะนั้นจะทำให้ SS-1 เสียหายได้

3. การปรับแต่ง SS-1 เป็นประจำหลังการติดตั้ง อย่าลืมถอด Connector ที่ CP-1 ด้านหลังออกทุกครั้งมิฉะนั้นจะทำให้ปากกาที่เครื่องบันทึก สวิงไปมาแบบ Full scale (ในขณะที่ปรับแต่ง SS-1) ทำให้ระบบปากกาเสียหาย

การบำรุงรักษาเครื่องมือตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว ระบบ SPS-1

1. ทำความสะอาดภายนอกตัว SS-1 รวมทั้งทำความสะอาดภายในสถานที่ติดตั้ง SS-1 ด้วยประมาณ 2 เดือนต่อครั้ง

2. ปรับแต่งระดับ SS-1 ให้อยู่กึ่งกลาง ประมาณ 2-3 เดือนต่อครั้ง

2.3.2 ภาคสอบเทียบสัญญาณ Calibration Control Unit (CP-1)

ใช้สำหรับตรวจสอบเครื่องมือแผ่นดินไหว ระบบ SPS-1 ว่าทำงานได้ตามปกติหรือไม่

หลักการทำงานโดยทั่วไป

ใช้ไฟ DC ค่าหนึ่งที่คงที่แล้วจ่ายเข้าไปในขดลวด Calibration Coil ของ Seismometer ซึ่งจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ Calibration Coil เส้นแรงแม่เหล็กนี้จะทำให้แม่เหล็กถาวรเกิดการเคลื่อนที่เมื่อแม่เหล็กถาวรเกิดการเคลื่อนที่ เส้นแรงแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวรนี้ ก็จะไปตัดขดลวด Main Coil ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าออกไปผ่าน CP-1 และภาพขยายสัญญาณส่งต่อไปยังภาค Recorder ซึ่งจะบันทึกคลื่น Calibration Pulse ลงบนกระดาษบันทึกแผ่นดินไหว

ระดับกระแส Output ที่ Level ต่างๆดังนี้

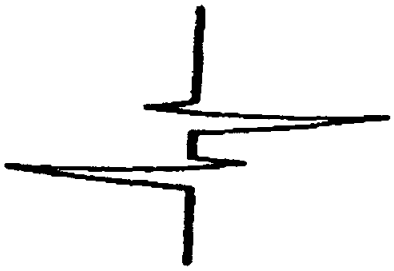
Level	Current
Low	0.05 mA.
Med	0.20 mA.
High	0.80 mA.

การใช้งาน

ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนกระดาษเข้า-ออก ควรทำการ Calibrate ทุกครั้งในระยะแรกของกระดาษบันทึกแผ่นดินไหวและก่อนที่จะเอากระดาษบันทึกออกทุกครั้ง เพื่อที่จะได้ทราบว่าเครื่องมือตรวจแผ่นดินไหวทำงานได้เป็นปกติหรือไม่

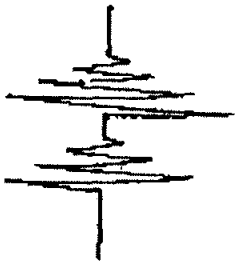
ขั้นตอนการดำเนินการ

1. ใส่กระดาษบันทึกแผ่นดินไหวให้เรียบร้อยแล้ววางปากกาเครื่องบันทึกฯ
2. ตั้งสวิทซ์ Level ที่ Low
3. ตั้งสวิทซ์ Sine/Int Dc ที่ Int Dc
4. เปิดเครื่องบันทึกแผ่นดินไหวแล้วรอจน Time Mark แรก ปรากฏรอ 10 นาที แล้วกดสวิทซ์ Calibrate กดค้างไว้ 10 วินาที แล้วปล่อยรูปร่างของ Calibration Pulseจะปรากฏ ดังรูป



รูปที่ 2.17 การ Calibration Pulse ของคลื่นสัญญาณ

1. ให้กรณีที่ดำเนินการตามข้อ 1-4 แล้วกดสวิทซ์ Un damp ด้วยพร้อมกันกับข้อ 4 รูปคลื่น Calibration Pulse จะเปลี่ยนไปดังรูป

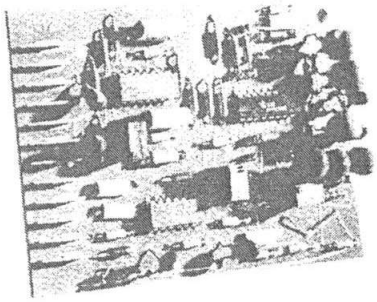


รูปที่ 2.18 การ Undamp Calibration Pulse ของคลื่นสัญญาณ

2. ปิดสวิทซ์ Sine / Int Dc ไปไว้ในตำแหน่ง OFF

3. ตรวจสอบความสูงของ Calibration Pulse ต้องมีความสูงเท่ากันทุกวัน (ขนาดของ Calibration Pulse ควรมีความสูงประมาณ 15-25 มม. เพื่อสะดวกในการวัดค่าความสูง ถ้าตั้งสวิทซ์ Level ที่ Low ตามข้อ 2 แล้ว มีขนาดเล็กต้องเพิ่มขนาดขึ้น โดยบิดสวิทซ์ไปที่ Med หรือ High ตามลำดับ)

2.3.3 ภาคขยายสัญญาณ (Amplifier /Filter , AF-3)



รูปที่ 2.19 อุปกรณ์ ภาคขยายสัญญาณ

คุณสมบัติเฉพาะทางของ AF-3A

Output impedance	: 100 kilohm , differential
Amplifier Gain	: 500. (54 dB)
High Pass Corner Frequency (-3dB)	: 0.02 Hz (other frequencies availabie)
High Pass Roll-Off Slope	: 6 or 12 dB./oct (specify on order)
Low Pass Corner Frequency (-3dB)	: 1 , 3 , 5 or 10 Hz (specify on order)
Low Pass Roll-Off Slope	: 6 , 12 or 18 dB./oct (specify on order)

Noise Referred to the input (5,000 ohm source , 0.02 to 20 Hz) : 1μV. P-p

Supply Voltage Required	: ±12V.DC.(10-14V.DC.)
Supply Current	: 3 mA nominal
Minimum Load	: 10,000 ohms.

ขา 4 ต่อเข้าไฟ + 12 V

ขา 3 ต่อเข้าไฟ - 12 V

ขา 6 ต่อเข้า Ground

ขา 8 และขา 5 เป็น Input

ขา 1 เป็น Output

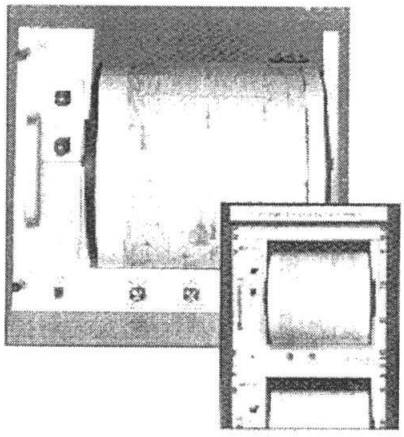
หลักการทำงานของวงจรขยาย AF-3A

สัญญาณที่มาจาก Seismometer เป็นสัญญาณในรูปของกระแสไฟฟ้าถูกส่งผ่านเข้ามาที่ Pin 8 และ Pin 5 ซึ่งต่อกับ IC (AR 1) เป็นวงจร ไฮ-อิมพีแดนซ์ เพื่อทำหน้าที่ไม่ให้สัญญาณไฟฟ้าที่เข้ามาสูญเสียไป IC (AR-2A) เป็นวงจรขยายสัญญาณที่เข้ามาให้มีขนาดใหญ่ขึ้น มีขนาด 500 เท่า (54dB) อุปกรณ์ตั้งแต่ C5 ถึงขา 7 ของ IC (AR 2B) เป็นวงจร High Pass Filter เป็นวงจรที่ทำหน้าที่กรองความถี่สูงให้ผ่านไปได้ ซึ่งในวงจรจะให้ความถี่ที่สูงกว่า 0.02 Hz ผ่านได้ อุปกรณ์ตั้งแต่ R 18 จนถึงขั้ว B เป็นวงจรกรองความถี่ต่ำซึ่งจะทำหน้าที่ยอมให้ความถี่ต่ำผ่านได้ โดยมากจะใช้ค่าความถี่ที่ 5 Hz (แล้วแต่กำหนดตาม สเปค 1 , 3 , 5 , 10 Hz) ดังนั้นความถี่ที่ผ่านวงจรขยายของ AF-3A ได้ดีจะอยู่ที่ 0.02 Hz ถึง 5 Hz

จากวงจรถ้าเชื่อมขั้ว B กับขั้ว A เข้าด้วยกัน (ขั้ว C กับขั้ว A ไม่เชื่อมต่อกัน) จะทำให้ได้สัญญาณออกที่ Pin 1 จะมีอัตราการขยายเท่ากับ 500 เท่า (54 dB) และความถี่ที่ส่งผ่านได้ดีที่สุดจะอยู่ที่ระหว่าง 0.02 Hz -5Hz

แต่ถ้าต่อเชื่อมขั้ว D กับขั้ว E เข้าหากันปละขั้ว C กับขั้ว A เข้าด้วยกัน (ขั้ว B กับขั้ว A ไม่เชื่อมต่อกัน) จะทำให้ IC (AR-2D) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเพิ่มขึ้นจากเดิม 500 เท่า (54dB) จะเป็น 31622 เท่า (90 dB) และความถี่ที่ส่งผ่านได้ดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 0.02 Hz -5Hz

2.3.4 ภาคบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว (Direct Writing Recorder, VR-2)



รูปที่ 2.20 ภาคบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว

คุณสมบัติเฉพาะของVR-2

การบันทึก	: สามารถมองเห็นได้ตลอดเวลา บันทึกได้ทั้งแบบหมึกและแบบความร้อน
ระยะเวลาบันทึก	: VR-1 บันทึกได้ 24 ชั่วโมง
	: VR-2 สามารถเลือกบันทึกได้ตั้งแต่ 12 ชั่วโมง ถึง 8 วัน
การสวิงของปากกา	: ± 50 มม. (สามารถปรับแต่งได้)
Frequency Response	: 20 Hz at 100 mm. Double amplitude
Controls	: Gain, pen position, time mark amplitude, stylus heat control (VR-2)
ขนาดกระดาษ	: 30 cm. x 90 cm
ระบบไฟฟ้า	: ±12 V.DC.

คุณสมบัติทั่วไปของตัวบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว

ตัวบันทึกคลื่นแผ่นดินไหวทำหน้าที่ขยายสัญญาณคลื่นแผ่นดินไหวและเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลแล้วบันทึกลงกระดาษบันทึก (30 x90 cm) โดยมี motor ทำหน้าที่หมุน drum เพื่อทำให้กระดาษบันทึกเคลื่อนที่และมี Lead Screw drive motor อีกตัวทำหน้าที่หมุนปากกาไปตามแกนเกลียว เพื่อตรึงการให้ระบบปากกาเคลื่อนไปทางขวามือจุดประสงค์คือไม่ตรึงการให้เส้นบันทึกทับกัน กระดาษบันทึก 1 แผ่น จะสามารถบันทึกแผ่นดินไหวได้ประมาณ 24 ชั่วโมง สำหรับเครื่องบันทึกแผ่นดินไหว Model VR-2 สามารถปรับแต่งให้ทำการบันทึกได้ 12 ชั่วโมง, 24 ชั่วโมง , 48 ชั่วโมง และ 198 ชั่วโมง (8 วัน) กระดาษบันทึกสามารถทำการบันทึกได้ 2 แบบ คือ แบบกระดาษธรรมดา และกระดาษแบบใช้ความร้อน (เฉพาะ VR-2)

Position เป็น Variable Resistance (10 K, 10 รอบ) ขาที่ 2 ของ Position เป็นตัวปรับแรงดันไฟฟ้าให้เบี่ยงเบนว่าเป็นไฟบวกหรือไฟลบแล้วส่งไปที่วงจร Pen motor assembly จะทำให้ปากกาเบี่ยงเบนไปทางซ้ายหรือขวาได้ตามการปรับของ Position ได้

Time mark เป็นVariable Resistance แบบTrim POT. ค่า 500 K ซึ่งต่อคร่อมกับ Position โดยที่ขาที่ 2 ข อง R, (time mark) นี้จะต่อผ่าน contact ของ time mark relay ซึ่งเป็นผลให้เกิดการเบี่ยงเบนได้เหมือน Position แต่จะทำงานตามระยะเวลาที่ Relay ดูดเท่านั้น

Pen Motor Assembly

Org (สีส้ม) ต่อไฟ +12V

Violet (สีม่วง) ต่อไฟ -12 V

White / Shield (สีขาว/ชีลด์) ต่อ Ground

Blk (สีดำ) ต่อกับ Position

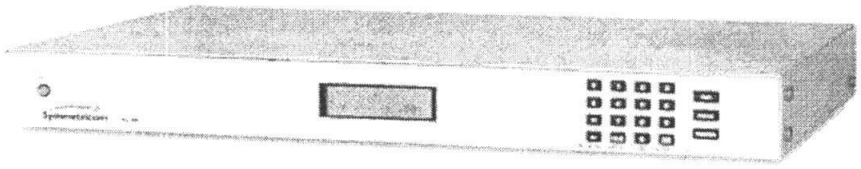
Red (สีแดง) ต่อกับสัญญาณที่มาจาก AF-3

การทำงานของ Pen Motor Assembly

IC # ρA 741 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายภาคต้น (OP-AMP) ส่วน TR#2N4922 และ TR#2N4919 ทำหน้าที่ขับ Galvo Coil ให้เคลื่อนที่

Damping Pot.ทำหน้าที่ Feed Back เพื่อให้ควบคุมสัญญาณไม่ให้มีสวิง (Damping) มากซึ่งจะเป็นตัวปรับแต่งการหน่วงความแรงของการสวิงให้พอดีสามารถดูได้จากรูปสัญญาณบันทึกเวลา (Time mark)

2.3.5 ภาคสัญญาณสอบเทียบนาฬิกา (True Time Gps)



รูปที่ 2.21 นาฬิกาสอบเทียบเวลา (True Time Gps)

คุณสมบัติเฉพาะทาง

เป็นนาฬิกาแบบตัวเลขพร้อมทั้งทำหน้าที่ในการสอบเทียงเวลาให้ได้มาตรฐานเดียวในสากล ทำหน้าที่ส่งข้อมูล (นาที ชั่วโมงและ24 ชั่วโมง) สามารถใช้งานกับเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว ระบบ Analog ได้โดยไม่ต้องมีการปรับแต่ง ซึ่งกรมอุตุนิยมวิทยาติดตั้งใช้งานอยู่ในปัจจุบัน

- Power Input	9-18 VDC 25W
- Antenna	L1 GPS, 40 dB gain. RG-59/U cable, 50 '(15 m)
- Timing accuracy UTC/USNO	<40 ns rms (150 ns peak), with Selective Availability (SA) and tracking 8 satellites
- Position accuracy	Latitude, longitude, and altitude within 10 meters referenced to WGS84, after completion of 24-hour position averaging.
- Receiver input	1575 MHz L1 C/A code
- Time output	60 pps
- Slow Code output Pulse Widths	On the Minute, On the Hour, On the Day

- Alphanumeric display	View initialization parameters, time of year, and front panel alarm/status messages on the 2-line, 32-character LCD.
- Keypad	0 –9; up, down, left, and right arrows, cler, function/enter, time, status, position
- ลักษณะการใช้งาน	เป็นตัวสอบเทียบเวลากับดาวเทียม สามารถแสดงเวลามาตรฐาน มี O/P 60 Hz รวมทั้งค่าคาบเวลาตามที่กำหนด

2.4 การออกแบบพัฒนาโปรแกรม

2.4.1 จุดประสงค์ของเนื้อหา

2.4.1.1 เพื่อให้ผู้ใช้คู่มืออิเล็กทรอนิกส์มีความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี หลักการ คุณลักษณะ และองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในคู่มืออิเล็กทรอนิกส์การบำรุงรักษาระบบเครื่องมือตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยาระบบ SPS-1 รุ่น VR-2

2.4.1.2 เพื่อให้ผู้ใช้คู่มืออิเล็กทรอนิกส์สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ และแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับคู่มืออิเล็กทรอนิกส์การบำรุงรักษาระบบเครื่องตรวจวัดคลื่นแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา ระบบ SPS-1 รุ่น VR-2

2.4.2 การออกแบบพัฒนาโปรแกรม

ในการออกแบบพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำคู่มืออิเล็กทรอนิกส์นั้น ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีในการออกแบบพัฒนาระบบงานของ ประสงค์ ประณีตพลกรังและคณะมาใช้เป็นแนวทางในการทำวิจัยดังนี้

2.4.2.1 การกำหนดปัญหาของระบบงานเดิม

เป็นขั้นตอนของการกำหนดขอบเขตของปัญหา สาเหตุของปัญหา และแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขตของการพัฒนาโปรแกรม

2.4.2.2 การวิเคราะห์ระบบ

เป็นขั้นตอนวิเคราะห์ว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้จะประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความเกี่ยวข้องกับสิ่งใด กำหนดรูปแบบการทำงานของโปรแกรมเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4.2.3 การออกแบบระบบ

เป็นขั้นตอนที่นำผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ระบบมาจัดทำรูปแบบการทำงานของโปรแกรม เช่น การออกแบบฐานข้อมูล รูปแบบหน้าจอ การบันทึกข้อมูล การแสดงผลข้อมูล และการรายงานข้อมูล

2.4.2.4 การพัฒนาโปรแกรม

เป็นขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมเพื่อสร้างคู่มือใหม่ขึ้นมา

2.4.2.5 การทดสอบระบบ

เป็นขั้นตอนของการทดสอบระบบก่อนการนำไปใช้งานจริง โดยเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรม กับผลลัพธ์ที่มีความถูกต้อง ซึ่งต้องทำการทดสอบหลาย ๆ ครั้ง หากพบข้อผิดพลาดจะต้องย้อนกลับไปพัฒนาโปรแกรมใหม่

2.4.2.6 การประเมินผล

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งต้องมีการประเมินผลเพื่อให้ทราบถึงความคิดเห็นของผู้ใช้ ที่มีต่อการใช้งานโปรแกรม

2.4.3 การประเมินคุณภาพโปรแกรม

การประเมินโปรแกรมหลังจากการติดตั้งใช้งาน โดยแบ่งขั้นตอนการประเมินคุณสมบัติของโปรแกรมที่มีคุณภาพ ดังนี้

2.4.3.1 มีความถูกต้องคือ ความถูกต้องของโปรแกรมกับความต้องการของผู้ใช้งานมีความตรงกัน

2.4.3.2 มีความน่าเชื่อถือ คือ ความเชื่อถือในผลลัพธ์และข้อมูลต่างๆ ซึ่งความน่าเชื่อถือในข้อมูลเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการตัดสินใจ

2.4.3.3 ใช้งานง่าย คือ โปรแกรมมีลักษณะการใช้งานที่เป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน ใช้งานง่าย เรียนรู้ง่าย มีข้อความที่ครบถ้วน

2.4.3.4 มีความง่ายต่อการปรับเปลี่ยน คือ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนการใช้งาน เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับความต้องการ หรือเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป

2.4.3.5 สามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้ คือ ความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีผลต่อต้นทุนและเวลา ทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายและเวลาในการพัฒนาได้มาก แนวความคิดการนำกลับมาใช้งานใหม่นี้เป็นลักษณะเด่นของภาษาเชิงวัตถุ

2.4.3.6 มีความเข้ากันได้กับระบบที่แตกต่าง คือ คุณสมบัติของโปรแกรมที่สามารถใช้งานในระบบที่แตกต่างกันได้

2.4.3.7 มีประสิทธิภาพ คือ ผลของการใช้งานโปรแกรม ก่อให้เกิดการทำงานที่ดีขึ้นกว่าเดิม ค่าใช้จ่ายลดลง

2.4.3.8 มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย คือ ความสะดวกของโปรแกรมที่สามารถเคลื่อนย้าย เพื่อนำไปใช้งานในสภาวะแวดล้อมใหม่

2.4.3.9 มีความปลอดภัย คือ ความปลอดภัยต่อข้อมูลที่อาจถูกปรับเปลี่ยนได้ ซึ่งหมายถึงการจำกัดสิทธิการใช้งานในระบบ เพื่อการเข้าถึงข้อมูลนี้เป็นไปตามสิทธิของผู้ใช้งาน

2.4.3.10 Macromedia Dreamweaver

เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการสร้างเว็บเพจ โดยการลากองค์ประกอบของหน้าเว็บเพจที่ต้องการ (เรียกว่า อ็อบเจ็ค) ไปวางบนหน้าเอกสาร

เว็บเพจ เป็นการรวบรวมข้อมูล รูปภาพ และเนื้อหาด้านมัลติมีเดีย เว็บเพจแต่ละหน้ามีการเชื่อมต่อถึงกันทำให้สามารถเรียกดูเว็บเพจหนึ่งจากเว็บเพจอื่นได้ โดยในเว็บเพจจะมีจุดเชื่อมโยงที่เรียกว่า ลิงค์ ซึ่งเมื่อคลิก เมาส์ ตรงจุดที่กำหนดจะทำให้สามารถไปดูข้อมูลในส่วนอื่นของเว็บเพจ หรือเว็บเพจหน้าอื่นได้

เว็บไซต์เป็นที่เก็บเว็บเพจ เมื่อใดที่ต้องการเปิดดูเว็บเพจจะต้องใช้เว็บบราวเซอร์ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีหน้าที่ส่งข้อมูลร้องขอดูข้อมูลและนำเสนอข้อมูลเว็บ โดยตัวเว็บบราวเซอร์จะมีความเข้าใจในภาษามาตรฐานของเว็บ คือ ภาษา HTML และสามารถแปลงภาษา HTML ให้กลายเป็นหน้าเอกสารทสามารถเข้าใจได้ นอกจากนี้แล้ว เว็ปไซต์ยังเกี่ยวข้องกับความสำคัญอีกคำหนึ่ง คือ World Wide Web (หรือบางที่เรียก W, the Web และ WWW) ซึ่งเป็นบริการรูปแบบหนึ่งที่ช่วยให้สามารถสืบค้นข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตได้จากเว็บไซต์ที่อยู่ตามคอมพิวเตอร์ต่าง ๆ ทั่วโลก โดยจะต้องระบุ URL ซึ่งหมายถึงตัวระบุตำแหน่งของแหล่งข้อมูล โดย URL จะถูกเปลี่ยนให้เป็นชื่อแบบตัวเลข หรือ IP Address ซึ่งหมายเลข IP นั้นจะถูกใช้ในการอ้างอิงตำแหน่ง เครื่องในอินเทอร์เน็ต โดยเครื่องทุกเครื่องที่อยู่ในอินเทอร์เน็ตจะมีเลข IP ที่ไม่ซ้ำกัน ทำให้สามารถระบุที่อยู่ของเครื่องที่เก็บเว็บที่ต้องการเปิดดูได้ (พันจันทร์ ธนวัฒนเสถียร และคณะ. 2544 : 6-12)

คำศัพท์ที่จำกัดความเกี่ยวกับเว็บไซต์ เช่น เอกสาร มัลติมีเดีย เป็นต้นมีความหมายดังนี้

เอกสาร คือ รายงานที่ใช้บรรยายสิ่งต่าง ๆ โดยปกติแล้วมักจะจัดทำกันบนแผ่นกระดาษทั้งสิ้น แม้ว่าจะสร้างและแสดงเอกสารบนจอคอมพิวเตอร์ ก็ยังเรียกว่าเอกสารได้ เช่นกัน สำหรับเอกสารในเว็บไซต์ จะมีชื่อเรียกเป็นการเฉพาะว่า เว็บเพจ

มัลติมีเดีย เกี่ยวกับเอกสารที่นำเสนอบนจอคอมพิวเตอร์ไม่จำเป็นว่าจะต้องมีข้อความอย่างเดียวเท่านั้น อาจมีรูป ภาพเคลื่อนไหว วิดีโอ และเสียงประกอบ

สรุปได้ว่า เว็บไซต์ คือ ชุดของเว็บเพจที่เชื่อมโยงกันด้วยไฮเปอร์ลิงค์เท่านั้น ก็สามารถจะกระโดดข้ามเอกสารฉบับหนึ่งไปยังอีกฉบับหนึ่งได้ ในการเรียกดู (สังสิทธิ์ เลิศสินธวานนท์และคณะ. 2541 : 5-7)

2.4.3.11 Macromedia Flash

เป็นโปรแกรมที่ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างเอนิเมชั่น กราฟฟิกเวคเตอร์ แอพพลิเคชั่น ซอฟท์แวร์หรือเว็บไซด์ต่าง ๆ โปรแกรม Flash จะสร้างไฟล์ SWF ซึ่งมีขนาดเล็กและสามารถใช้กับระบบปฏิบัติการใด ๆ ก็ได้ที่สนับสนุน Flash Player 7

Flash ใช้ภาษาแบบสคริปต์ที่เรียกว่า Action script ซึ่งมีประสิทธิภาพและเป็นภาษาที่มีพื้นฐานอยู่บนภาษา ECMA Scrip และคล้าย ๆ กับภาษา Java script โปรแกรม Flash เป็นแอพพลิเคชั่นที่ถูกออกแบบมาเป็นอย่างดีสำหรับการสร้างไฟล์มัลติมีเดีย โดยสามารถอิมพอร์ตมีเดียหลากหลายชนิดลงสู่โปรแกรม Flash ได้ ไม่ว่าจะเป็นตัวหนังสือ กราฟฟิก วีดิโอ ไฟล์รูปภาพ และไฟล์เสียง เป็นต้น นอกจากนี้โปรแกรม Flash ยังสามารถเชื่อมต่อไฟล์ SWF กับฐานข้อมูล ไฟล์ WML หรือ Web service ทำให้ไฟล์มีคุณสมบัติอินเตอร์แอคทีฟและได้นามิคได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานร่วมกับซอฟท์แวร์อื่นๆ ได้เช่น Macromedia studio MX2004 และแอพพิลเคชั่นอื่นๆ ได้ (อฒิพัฒน์ เจี่ย. 2548 : 8-10)

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายโพทอง สุวิจารณ์ (2550 : บทคัดย่อ) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ สร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม วิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริมที่สร้าง ในด้านเนื้อหาและด้านสื่อมีคุณภาพอยู่ในระดับ 3.50 ขึ้นไป และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ชั้นปีที่ 3 แผนกวิชาช่างไฟฟ้า โรงเรียนเทคโนโลยีภาคตะวันออก (อี.เทค) ที่กำลังเรียนวิชาเครื่องทำความเย็นและปรับอากาศ จำนวน 45 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ เนื้อหาประกอบด้วย ชิลเลอร์วอเตอร์และคูลลิ่งวอเตอร์ ซึ่งคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในเกณฑ์ดีมาก (มีค่าเฉลี่ยรวม 4.63 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.56) คุณภาพด้านสื่ออยู่ในเกณฑ์ดี (มีค่าเฉลี่ยรวม 4.24 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.42) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ย 82.15/85.51

ผลการวิจัยพบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเสริม เรื่อง ระบบปรับอากาศสำหรับอาคารขนาดใหญ่ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 สามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย

ยุทธพงษ์ จูจรูญ (2547 : บทคัดย่อ) ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อหาคุณภาพคู่มืออิเล็กทรอนิกส์แนะนำการวิเคราะห์ปัญหาโครงข่ายระบบสื่อสารหลักผ่านวงแหวนสายใยแก้วนำแสง กรณีศึกษาบริษัท ทีเอ ออเร้นจ์ โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่าคุณภาพของคู่มืออิเล็กทรอนิกส์แนะนำการวิเคราะห์ปัญหาโครงข่ายระบบสื่อสัญญาณหลักผ่านวงแหวนสายใยแก้วนำแสง กรณีศึกษาบริษัท ทีเอ ออเร้นจ์ จำกัด มีคุณภาพดีขึ้นไปโดยมีระดับค่าเฉลี่ยของการประเมินไม่ต่ำกว่า 3.50

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ วิศวกรที่ทำการบำรุงรักษาโครงข่ายระบบสื่อสัญญาณหลักผ่านวงแหวนสายใยแก้วนำแสง บริษัท ทีเอ ออเร้นจ์ จำกัด ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างเท่ากับจำนวนประชากร จำนวน 15 คน

การสร้างคู่มืออิเล็กทรอนิกส์แนะนำการวิเคราะห์ปัญหาโครงข่ายระบบสื่อสัญญาณหลักผ่านวงแหวนสายใยแก้วนำแสง กรณีศึกษาบริษัท ทีเอ ออเร้นจ์ จำกัด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นด้วยโปรแกรม Macromedia Dreamweaver บรรจุลงแผ่นซีดีรอม โดยคู่มืออิเล็กทรอนิกส์มีรายละเอียดการเกิดเหตุเสียและแนวทางการวิเคราะห์แก้ไขเหตุเสียของอุปกรณ์ระบบสื่อสัญญาณ แล้วนำเสนอให้อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ตรวจสอบหาข้อบกพร่องเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข หลังจากนั้นนำเสนอผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหาและการผลิตสื่อ เพื่อความถูกต้องความเหมาะสม และนำข้อบกพร่องมาทำการแก้ไข ปรับปรุงให้สมบูรณ์ ในขั้นตอนการหาคุณภาพของคู่มืออิเล็กทรอนิกส์ ได้นำคู่มืออิเล็กทรอนิกส์ไปทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพกับประชากร เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า คู่มืออิเล็กทรอนิกส์แนะนำการวิเคราะห์ปัญหาโครงข่ายระบบสื่อสัญญาณหลักผ่านวงแหวนสายใยแก้วนำแสง กรณีศึกษาบริษัท ทีเอออเร้นจ์ จำกัด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพจากการประเมินของประชากรอยู่ในระดับดีโดยมีค่าเฉลี่ยทั้งฉบับเท่ากับ 4.42 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.53

นฤมล รอดเนียม (2546 : บทคัดย่อ) วิจัยเพื่อพัฒนา หาคุณภาพ และประสิทธิภาพของบทเรียนการสอนผ่านเว็บ เรื่องอินเทอร์เน็ต วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี สารสนเทศ โดยตั้งสมมติฐานไว้ว่า บทเรียนการสอนเว็บนี้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นสูง สาขาวิชาพลศึกษา ชั้นปีที่ 1 ซึ่งกำลังเรียนอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545 วิทยาลัยพลศึกษาจังหวัด ชุมพร คัดเลือกโดยการสุ่มตัวอย่างแบบเป็นกลุ่ม (Cluster Sampling) จำนวน 1 ห้องได้นักศึกษาจำนวน 30 คน การพัฒนาบทเรียนการสอนผ่านเว็บ เรื่องอินเทอร์เน็ต วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี สารสนเทศ

ผลการวิจัยสรุปดังนี้

1. การพัฒนาบทเรียนการสอนผ่านเว็บ เรื่องอินเทอร์เน็ต วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ได้บรรจุไว้ที่ http://161.246.27.251/~44064205/

2. บทเรียนการสอนผ่านเว็บ เรื่องอินเทอร์เน็ต วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มีคุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.71) และด้านการผลิตสื่ออยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.58)

3. บทเรียนการสอนผ่านเว็บ เรื่องอินเทอร์เน็ต วิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 84.40/85.11

อรรคพล คงมาลัย (2551 : บทคัดย่อ) วัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 โดยมีสมมุติฐานว่าบทเรียนที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้นไป และร้อยละ 80 ของผู้รับการฝึกอบรมสามารถผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดด้วยคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 80 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ผู้เข้าอบรมหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้นรุ่นที่ 2 วิทยาลัยสารพัดช่างพระนคร ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาช่างซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ จำนวน 30 คน โดยกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 30 คน ลักษณะบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 สร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรม Authorware version 7.0 ร่วมกับโปรแกรม Flash version 8.0 โดยบรรจุลงบนแผ่น CD-ROM ซึ่งประกอบด้วย เนื้อหาภาคทฤษฎี เรื่อง หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์เลเซอร์ และเนื้อหาภาคปฏิบัติ ได้แก่ ขั้นตอนการถอด-ประกอบเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 การวิเคราะห์ตรวจซ่อมจำนวน 6 อาการเสีย และ การบำรุงรักษา

ผลการประเมินประสิทธิภาพทางด้านผลิตสื่อ ($\overline{X}$ = 4.71, S.D. = 0.42) และด้านเนื้อหา ($\overline{X}$ = 4.72, S.D. = 0.21) จัดอยู่ในระดับดีมาก ส่วนผลการประเมินประสิทธิภาพบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 พบว่า ผู้เข้าฝึกอบรมทั้งหมด จำนวน 30 คน หรือคิดเป็นร้อยละ 100 สามารถผ่านเกณฑ์ด้วยคะแนนเฉลี่ย ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ 92.2 คะแนน ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นบทเรียนช่วยฝึกทักษะแบบฐานสมรรถนะ เรื่อง การซ่อมเครื่องพิมพ์เลเซอร์ ของ HP รุ่น LaserJet 5 สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อรไท ก้อนมณี (2548 : 71) ทำการสร้างบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การถอดประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ วิชาการซ่อมและบำรุงรักษาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลเบื้องต้น ทำการทดลองกับนักศึกษาหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น วิทยาลัยสารพัดช่างลพบุรี จำนวน 20 คน ผลการวิจัย พบว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ เรื่อง การถอดประกอบเครื่องคอมพิวเตอร์ มีผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์การประเมิน คิดเป็นร้อยละ 90 ของผู้เรียน

ทั้งหมด มีคะแนนเฉลี่ยของผู้เรียนคิดเป็นร้อยละ 94.89 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ร้อยละ 80 แสดงว่าบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้