

เครื่องวัดแผ่นดินไหว
SEISMOGRAPH

ดำรงค์ เรียนจันทร์

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

เครื่องวัดแผ่นดินไหว

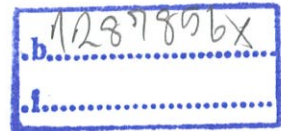
SEISMOGRAPH



T148993

ดำรงค์ เรียนจันทร์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....148993
วัน,เดือน,ปี.....T S.A. 2560



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558


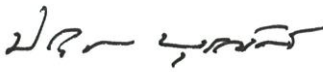


SEISMOGRAPH

DAMRONG RIANJUN

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN
PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACADEMIC YEAR 2015

หัวข้อโครงการพิเศษ เครื่องวัดแผ่นดินไหว
 SEISMOGRAPH
 ชื่อนักศึกษา นายดำรงค์ เรียนจันทร์ รหัสนักศึกษา 55051530
 ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
 ภาควิชา ฟิสิกส์
 ปีการศึกษา 2558
 อาจารย์ที่ปรึกษา อ.สุรชาติ กมลติลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
 โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)
 ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ กรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
อ.สุรชาติ กมลติลก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	เครื่องวัดแผ่นดินไหว
ชื่อนักศึกษา	นายดำรงค์ เรียนจันทร์ รหัสนักศึกษา 55051530
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลดีลก

บทคัดย่อ

ในโครงการพิเศษนี้เป็นการสร้างจัดทำสร้างชุดทดลองแผ่นดินไหว เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวพฤติกรรมสัญญาณที่เกิดขึ้นต้องการรู้ทั้งขนาดและความถี่โดยการศึกษาจากการเคลื่อนที่ของขดลวดตัดผ่านกับสนามแม่เหล็กคงที่แล้วได้สัญญาณ output ออกมาซึ่งเครื่องมือที่ดีต้องมีคุณสมบัติเฉพาะตัว ดังนั้นการเคลื่อนที่ของขดลวดกับสัญญาณ output จึงมีความสอดคล้องสัมพันธ์กันเป็นอย่างยิ่ง เพราะหากเกิดปัญหาแล้วเราควรแก้ไขให้ถูกต้องโดยสังเกตจากความสัมพันธ์ดังกล่าวที่เกิดขึ้นได้อย่างเหมาะสมตรงประเด็น

คำสำคัญ: เครื่องวัดแผ่นดินไหว

Title	SEISMOGRAPH
Student	Mr.Damrong Rianjun Student ID 55051530
Degree	Bachelor of Science (Appiled Physics)
Department	Physics
Faculty	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2015
Advisor	Lecturer Surachat Kamoldilok

Abstract

In this special project is to create a series of experiments to create earthquakes. To study the behavior of seismic signals caused by condensed want to know the size and frequency of the movement of the coil through a constant magnetic field, then the output signal out is a good tool to have unique properties. Thus, the movement of the coil output signals are consistent relationship as well. Because if there are problems then we should probably be solved by such a relationship formed properly to the point

Keyword : Seismograph

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์สุรชาติ กมลติก อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้คำแนะนำคอย ตรวจแก้ไขในการจัดทำโครงการพิเศษและ อาจารย์ กาจัญปัญญา สุวรรณโช ที่อุปการะคุณเรื่องวัสดุ ที่ทำใน Shop ผู้วิจัยมีความซาบซึ้งและถือเป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ในสาขาฟิสิกส์ทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณาให้ความรู้ให้คำแนะนำ และให้ความคิดเห็น ทำให้ได้ข้อมูลครบถ้วนในการวิจัย

คุณงามความดีพึงมีจากอันพึงมีจากโครงการพิเศษฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดามารดา อันเป็นที่เคารพยิ่งและคณาจารย์ผู้ประสพวิชาความรู้ ตลอดจนทุกๆท่านที่ให้กำลังใจช่วยเหลือตลอดจน กระทั่งโครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ดำรงค์ เรียนจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
คำย่อและสัญลักษณ์	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 แนวทางการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว	3
2.2 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว	6
2.3 ปริมาณสำหรับการวัดแผ่นดินไหว	8
2.4 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว	12
2.5 การตรวจวัดแผ่นดินไหว	14
2.6 สถิติแผ่นดินไหว	17
2.7 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายจากแผ่นดินไหว	17
2.7.1 ขนาดและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว	17
2.7.2 ระยะทาง	17
2.7.3 ความลึกแผ่นดินไหว	17
2.7.4 ทิศทางการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว	18
2.7.5 เวลาเกิด	18
2.7.6 ความยาวนานของแผ่นดินไหว	18
2.7.7 ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหว	18
2.7.8 สภาพธรณีวิทยา	18
2.7.9 ความแข็งแรงของอาคาร	18
2.7.10 การเตรียมพร้อม	19
2.8 แหล่งข้อมูลแผ่นดินไหว	19
2.9 การจัดระบบป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหว	19

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	21
3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	21
3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย	21
3.2.1 การสร้างชุดจำลองเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหว	21
3.2.1.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหว	21
3.2.1.2 ศึกษารายละเอียดเครื่องวัดแผ่นดินไหว	21
3.2.1.3 สร้างชุดทดลองแผ่นดินไหว	21
3.2.2 การเขียนคำสั่งโปรแกรมบอร์ด Arduino	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	33
4.1 ผลการทดลองการหาค่า K สปริง	33
4.1.1 การคำนวณแรงแต่ละจุดที่คานรับแรงของเครื่องมือ	35
4.2 การทดลองเพื่อวางแผนเตรียมปรับแต่งสัญญาณ	36
4.3 การทดสอบใช้งานของเครื่องมือ	38
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	39
5.1 สรุปผลการทดลอง	39
5.2 ข้อเสนอแนะ	39
5.3 แนวทางพัฒนา	39
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แนวทางการดำเนินงาน	2
2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว	3
2.2 การคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ	9
2.3 อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์แคลลี (MM)	10
2.4 ตารางข้อมูลแผ่นดินไหวและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง	19
4.1 ผลการทดลองการหาค่า K ของสปริง	33

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลายภายในโลก	5
2.2 แนวแผ่นดินไหวของโลก	5
2.3 Hypocenter และ Epicenter	6
2.4 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ	7
2.5 ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวใกล้และไกลจากการตรวจวัด	8
2.6 แผ่นที่แสดงความรุนแรงสูงสุด	12
2.7 แสดงรอยเลื่อนภายในประเทศไทย	13
2.8 รอยเลื่อนชนิดต่างๆ	14
2.9 เครื่องข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวของหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทย	15
2.10 แสดงตำแหน่งสถานีตรวจแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา	16
3.1 อลูมิเนียม	22
3.2 เส้นที่ร่างไว้	22
3.3 เครื่องกลัดตามเส้นขีดไว้	23
3.4 ส่วนแขน	23
3.5 ส่วนฐานแกนนอน	23
3.6 นำส่วนส่วนแขนกับส่วนฐานแกนนอนประกอบกัน	24
3.7 ฐานแกนตั้ง	24
3.8 นำส่วนแขนกับฐานแกนนอนและฐานแนวตั้งประกอบกัน	24
3.9 ขดลวด	25
3.10 ร่างเส้นแล้วเจาะรูใสนี้อต	25
3.11 เจาะรูใสนี้อตก่อน	26
3.12 เลื่อยตามแบบที่ขีดไว้	26
3.13 ประกอบใสนี้อตพร้อมใสนี้แม่เหล็ก	27
3.14 ร่างเส้นเพื่อใช้เลื่อยตัด	27
3.15 ตัดตามรอยเส้นที่ขีดไว้	28
3.16 ทาสีไม้อัดทั้งหมดที่ได้ตัดเตรียมไว้	28
3.17 หลังประกอบกล่องเสร็จ	29
3.18 ติดบานพับ	29
3.19 แบบจำลอง Seismograph	30
3.20 การเคลื่อนที่ของสปริง	30
4.1 การหาค่า K สปริง	33
4.2 ประกอบขนาดของเครื่องมือ	34
4.3 การคำนวณแรงแต่ละจุดที่คานรับแรงของเครื่องมือ	35
4.4 สัญญาณoutputขนาดการสั่นมากที่สุดที่ 1 ความถี่	36
4.5 วงจรขยาย Inverting Amplifier	37

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 สัญญาณoutputหลังใช้วงจรขยายขนาด 10 เท่า	37
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ต่อA.U(Time)	38
4.7 สัญญาณ outputทางจอกอมพิวเตอร์ของเครื่องมือ	38

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
ML (Local Magnitude)	ขนาดแผ่นดินไหวท้องถิ่นหรือแผ่นดินไหวใกล้ (ระยะทาง < 1,000 km)
mb (Body wave Magnitude)	ขนาดแผ่นดินไหวใกล้และไกล ข้อจำกัดก็คือ รายงานสูงสุดได้เพียงระดับที่ 6.5-6.8
Ms (Surface Magnitude)	ขนาดแผ่นดินไหวไกล (ระยะทาง > 1,000 km) และมีขนาดใหญ่ มีข้อจำกัดอยู่ที่ระดับ 8.0
Mw ; ขนาดโมเมนต์ (Moment Magnitude)	ปริมาณที่แสดงถึงพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหวได้ดีกว่าชนิดอื่น เป็นที่ยอมรับและแพร่หลายในปัจจุบัน ในการคำนวณ จะต้องทราบ seismic moment
PGA((Peak Ground Acceleration))	ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน
F	แรงดึงสปริง(N)
m	มวล(Kg)
a	ความเร่ง (m/s ²)
ω	ความเร็วเชิงมุม(เรเดียน) / (วินาที)
T	คาบเวลา(วินาที/รอบ)
K	ค่าคงตัวสปริง(N/m)
f	ความถี่(รอบ/วินาที)

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันโลกเราใบนี้มีสิ่งมีชีวิตได้อาศัยอยู่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาอาจสังเกตเห็นได้จากปรากฏการณ์การกลางวัน-กลางคืน ฤดูกาล น้ำขึ้น-น้ำลงในทะเล ภูเขาไฟระเบิด พายุถล่ม ซึ่งปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีผลกระทบกับการดำรงชีวิตและความ เป็นอยู่ของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้นเช่นเหตุการณ์สึนามิที่เกิดจากปรากฏการณ์แผ่นดินไหวใต้น้ำ ทะเลเป็นภัยที่เกิดขึ้นได้ทำลายอาคาร บ้านเรือนและชีวิตของมนุษย์ ซึ่งปัจจัยหลักที่ทำให้การไหว สະเทือนแบ่งออกเป็น 2 สาเหตุหลักคือเกิดจากธรรมชาติกับมนุษย์สร้างขึ้นแต่สาเหตุที่เกิดการไหว สั่นสะเทือนขึ้นเองตามธรรมชาติจะมีความรุนแรงมากกว่ามนุษย์สร้างขึ้นเองถึงแม้การเกิดแผ่นดินไหว ไม่ได้คร่าชีวิตคนโดยตรงแต่มันทำให้ อาคาร บ้านเรือนถล่มเสียหายซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของมนุษย์อาจ ทำให้สิ่งของหล่นทับกระแทกจนบาดเจ็บได้ ดังนั้นพวกเราควรตระหนักและให้ความสำคัญที่เกิดขึ้น คอยเฝ้าดู ระวัง ระมัดระวัง ในปัจจุบันจึงมีการติดตั้งเครื่องมือวัดการสั่นสะเทือนในบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหว บ่อยครั้ง เพื่อเตือนภัยแผ่นดินไหวอยู่ตลอดเวลา ทำให้ความเสียหายที่เกิดต่อชีวิตและทรัพย์สินเกิดขึ้น น้อยลง ซึ่งในปัจจุบันเรายังไม่สามารถทำนายการเกิดแผ่นดินไหวที่เที่ยงตรงได้ แต่นักวิทยาศาสตร์ สามารถทำการตรวจวัดจุดเหนือศูนย์กลางแผ่นดินไหว(Epicentry)และจุดศูนย์กลางแผ่นดินไหว (Hypocenter)ได้โดยใช้เครื่องมือวัดแผ่นดินไหว(Seismograph)เพื่อศึกษาความรุนแรงในการ สั่นสะเทือนโดยดูจากกราฟ

จากการศึกษากราฟของเครื่องมือวัดแผ่นดินไหว(Seismograph)บอกความรุนแรงของการเกิดที่ เปลี่ยนแปลงกับเวลาแล้วเก็บสถิติไว้เพื่อทำนายการเกิดแผ่นดินไหวโดยนำเครื่องไปวางบริเวณที่เกิด แผ่นดินไหวบ่อย ในโครงการพิเศษนี้เป็นการสร้างชุดทดลองเครื่องมือวัดแผ่นดินไหวเพื่อศึกษาและ เฝ้าดูพฤติกรรมการสั่นสะเทือนของพื้นดินใกล้บริเวณที่รถไฟผ่าน โดยการวิเคราะห์ผลการทดลองจาก กราฟที่เกิดขึ้นแล้วนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับมาตรฐานการวัดแผ่นดินไหว และสามารถ แสดงค่าผลการทดลองบนหน้าจอกอมพิวเตอร์แบบ Real time

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อสร้างชุดทดลองเครื่องวัดความสั่นสะเทือน
- 2) เพื่อการออกแบบโครงสร้างชุดทดลองให้สอดคล้องกับสัญญาณที่ได้จากช่วงการวัดของ Sensor ที่นำมาใช้ตรวจสอบ
- 3) เพื่อแสดงผลสัญญาณที่วัดได้แสดงผลบนหน้าจอกอมพิวเตอร์แบบ Real time

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) เพื่อนำชุดทดลองที่ประดิษฐ์ขึ้นมาใช้วัดความสั่นสะเทือนบริเวณทางรถไฟ
- 2) เพื่อเลือกใช้ Sensor ของชุดทดลองเช่นราคา Sensitivity ให้เหมาะสมกับย่านการวัดความ สั่นสะเทือน

3) เพื่อแสดงผลจากสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับเวลาที่เปลี่ยนไป

1.4 แนวทางการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 แนวทางการดำเนินงาน

แผนการดำเนินงาน	ส.	ก.	ต.	พ.	ธ.	ม.	ก.	มี.	เม.
	ค.	ย.	ค.	ย.	ค.	ค.	พ.	ค.	ย.
1.เสนอ Project									
2.ศึกษาข้อมูล									
3.ออกแบบและเตรียมอุปกรณ์									
4.ทดลองบันทึกผลและสรุป									

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) มีความรู้ความเข้าใจปัจจัยที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวและผลกระทบกระเทือนจากแผ่นดินไหวเพิ่มขึ้น
- 2) นำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ให้เราสามารถออกแบบชุดทดลองให้สอดคล้องกับความต้องการได้
- 3) ได้มีความเข้าใจปัญหาจากการทำจริงและฝึกวิธีการคิดแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้เหมาะสมกับการปัญหาที่เกิดขึ้น
- 4) เพื่อเป็นชุดทดลองกรณีศึกษาการสั่นสะเทือนของพื้นดินให้แก่ผู้สนใจทั่วไป

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภัยแผ่นดินไหวเป็นภัยธรรมชาติที่ก่อให้เกิดความเสียหายได้อย่างรุนแรง การศึกษาความรู้พื้นฐานเรื่องแผ่นดินไหว ทำให้ทราบถึงธรรมชาติ สาเหตุการเกิด ตลอดจนลักษณะความรุนแรงแผ่นดินไหว ที่สามารถส่งผลกระทบได้อย่างกว้างไกล ตลอดจนลักษณะความรุนแรงของแผ่นดินไหวทั้งภายใน และภายนอกประเทศ สถิติแผ่นดินไหวในอดีตและผลการตรวจวัดด้วยเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวในปัจจุบัน ทำให้ทราบว่าประเทศไทย มิได้ปลอดภัยจากแผ่นดินไหว การวางแผนมาตรการป้องกัน และบรรเทาภัยทั้งในระยะสั้น และยาว ที่มีประสิทธิภาพ มีส่วนสนับสนุนความมั่นคงปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศโดยรวม การจัดการต่อภัยที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบและมีแผนงาน แต่ยังมีภัยธรรมชาติบางชนิด เช่น ภัยแผ่นดินไหว ซึ่งทำหายนต่อการศึกษาและทำความเข้าใจอย่างมากผมเห็นความสำคัญจัดทำโครงการพิเศษนี้ โดยการสร้างชุดทดลองเครื่องมือวัดแผ่นดินไหวเพื่อศึกษาและเฝ้าดูพฤติกรรมการณ์สันสะเทือนของพื้นดินใกล้บริเวณที่รถไฟผ่านแบบจำลองสถานการณ์จริง ทั้งนี้เพราะลักษณะทางธรรมชาติของแผ่นดินไหวในสถานการณ์จริงนั้นเกิดอยู่ที่พื้นโลกหลายสิบกิโลเมตร และอาจถึงหลายร้อยกิโลเมตร จึงมีความยากลำบากในการศึกษาจึงขึ้นเป็นทวีคูณ

2.1 สาเหตุการเกิดแผ่นดินไหว

ตารางที่ 2.1 การเกิดแผ่นดินไหวอาจมีด้วยกันหลายสาเหตุซึ่งแสดงไว้ใน

เกิดภายในโลก	เกิดภายนอกโลก	ทั้งภายในและภายนอกโลก
แผ่นดินไหวเกิดจากรอยเลื่อน ระเบิดใต้ดิน การไหลหมุนเวียนของน้ำใต้ดิน การเคลื่อนตัวของหิน หลอมละลาย การเปลี่ยนแปลงสถานะใต้ดิน การทำเหมือง การยุบตัวใต้ดิน	ลม ความดันบรรยากาศ คลื่นในทะเล น้ำขึ้นหรือลง ความสั่นสะเทือนจากกิจกรรมของมนุษย์เช่น จรวด ระเบิดเป็นต้น การชนของอุกกาบาต	การระเบิดของภูเขาไฟ แผ่นดินถล่ม

ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยธรรมชาติ

- แผ่นดินไหวเกิดจากแรงภายในเปลือกโลก (Tectonic Earthquake)
- แผ่นดินไหวเกิดจากภูเขาไฟระเบิด (Volcano Eruption)
- แผ่นดินไหวเกิดจากการยุบตัวหรือพังทลายของโพรงใต้ดิน (Implosion)
- ความสั่นสะเทือนจากคลื่นมหาสมุทร (Oceanic Microseism)

ตัวอย่างการเกิดแผ่นดินไหวโดยการกระทำของมนุษย์

-เหตุการณ์ที่ควบคุมไม่ได้ เช่น การระเบิด หรือจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เช่น การจลาจล เครื่องจักรเครื่องยนต์ การระเบิดบนพื้นผิวหรือใต้ดิน เป็นต้น

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

โดยทั่วไปแผ่นดินไหวที่ทำความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของมนุษย์เป็นจำนวนมากได้แก่แผ่นดินไหวซึ่งเกิดจากแรงเทคโทนิคในเปลือกโลกปัจจัยที่ทำให้เกิดแผ่นดินไหวเนื่องจากแรงเทคโทนิคนี้ ได้แก่

ก. ลักษณะโครงสร้างของโลก ซึ่งสามารถแบ่งได้คร่าวๆ เป็น 3 ส่วน คือ

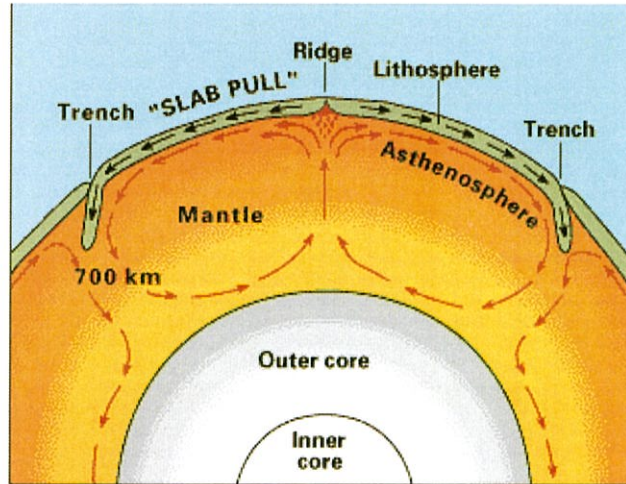
-ส่วนที่เป็นแกนโลกอยู่ลึกที่สุดและมีอุณหภูมิสูงมากซึ่งเป็นต้นกำเนิดทำให้ชั้นหินหลอมละลายมีการเคลื่อนตัว

-ส่วนที่เป็นชั้นหินหลอมละลาย เป็นของแข็งแต่มีคุณสมบัติของการเคลื่อนตัวคล้ายของเหลวแต่มีความเร็วช้ามากอยู่ในระดับหลายเซนติเมตรต่อปี

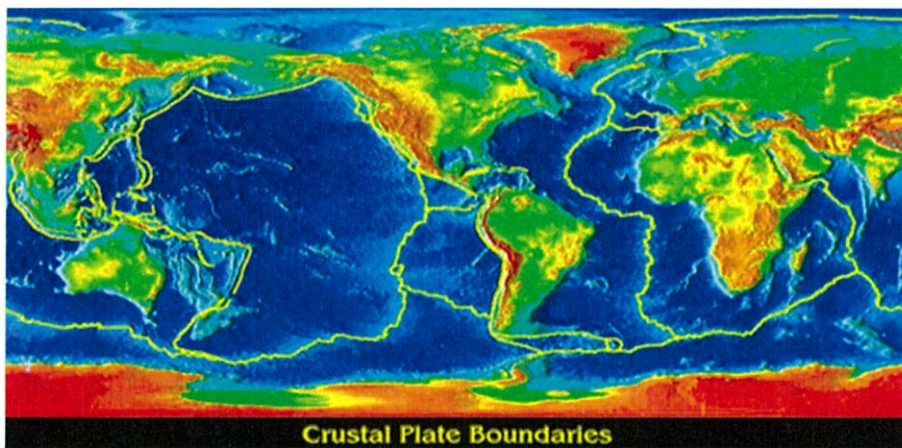
-ส่วนที่เป็นเปลือกโลกที่ห่อหุ้มโลกอยู่มีความหนาน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของโลก และไม่ได้เป็นชั้นเดียวกัน แบ่งออกเป็นชั้นใหญ่ๆได้ประมาณ 10 ชั้น

ข. การเคลื่อนตัวของเปลือกโลกชั้นต่างๆ เนื่องจาก ชั้นหินหลอมละลายได้รับพลังงานความร้อนจากแกนโลกและลอยตัวขึ้นผลักดันเปลือกโลกอยู่ตลอดเวลาดังรูปที่ 2.1 เปลือกโลกแต่ละชั้นจะมีทิศทางการเคลื่อนตัวต่างๆ กัน พร้อมกับสะสมพลังงานไว้ภายใน บริเวณตรงขอบของเปลือกโลกจึงเป็นส่วนที่มีการชนกันหรือเสียดสีกันหรือแยกจากกัน หากบริเวณขอบของชั้นเปลือกโลกใดๆ ที่ไม่สามารถทนแรงอัดได้ก็จะแตกหักและมีการเคลื่อนตัวโดยฉับพลัน หรือบางครั้งผลักดันให้เปลือกโลกอีกชั้น คดโค้งต้อจากนั้นเมื่อสะสมพลังงานมากก็จะติดตัวกลับเพื่อรักษาสมดุลย์ กระตุ้นให้เกิดความสั่นสะเทือนแผ่กระจายไปทุกทิศทาง บริเวณนี้จะเป็นบริเวณที่มีแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลกเป็นบริเวณแนวแผ่นดินไหวของโลกดังรูปที่ 2.2 หากพาดผ่านหรืออยู่ใกล้กับประเทศใด ประเทศนั้นจะมีความเสี่ยงต่อภัยแผ่นดินไหวค่อนข้างสูง เช่น ประเทศญี่ปุ่น ฟิลิปปินส์ ชิลี สหรัฐอเมริกา เป็นต้น นอกจากนั้นแรงที่สะสมในเปลือกโลกยังถูกส่งผ่านเข้าไปในพื้นที่บริเวณรอยร้าวของหินใต้พื้นโลกหรือที่เรียกว่า รอยเลื่อน (Fault) ในกรณีที่ย่อยเลื่อนใดๆ ไม่สามารถทนแรงที่บดอัดได้ก็จะมีการเคลื่อนตัวอย่างฉับพลันเช่นกัน เพื่อปรับความ

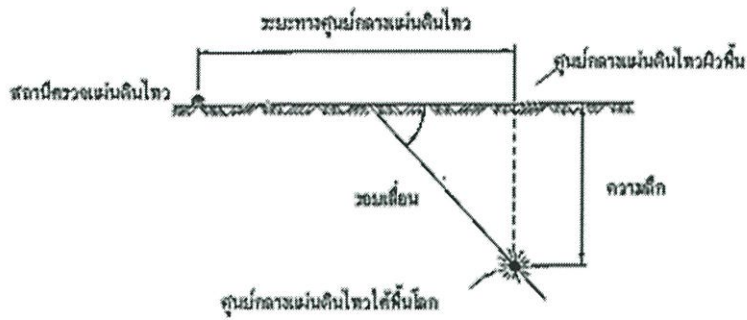
สมดุลย์ของแรง กระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว กระจายคลื่นความสั่นสะเทือนไปทุกทิศทาง เรียก บริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวภายในเปลือกโลกใต้พื้นดินว่า ศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่แท้จริง (Hypocenter) และเรียกบริเวณที่เกิดแผ่นดินไหวตรงผิวพื้นข้างบนซึ่งสามารถกำหนดพิกัดเป็น ตำบลที่ ละติจูดและลองจิจูด ว่าศูนย์กลางแผ่นดินไหวบนผิวพื้น (Epicenter) แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.1 การเคลื่อนตัวของหินหลอมละลายภายในโลก



รูปที่ 2.2 แนวแผ่นดินไหวของโลก



รูปที่ 2.3 Hypocenter และ Epicenter

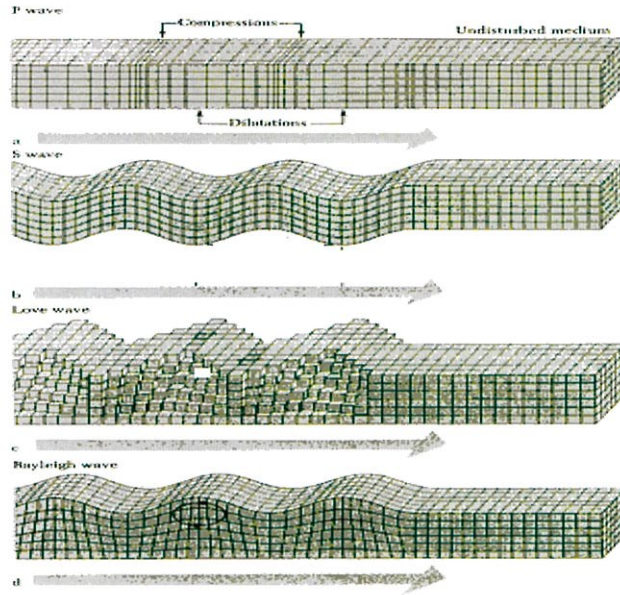
2.2 ลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหว

ความสั่นสะเทือนของพื้นดินนั้นมึลักษณะการเคลื่อนตัวของอนุภาคหินหรือดินแบบ 3 มิติ คือสามารถวัดการเคลื่อนตัวในแนวระนาบของทิศเหนือ ใต้ ตะวันออก ตะวันตก และแนวตั้ง ทั้งนี้คลื่นแผ่นดินไหวสามารถตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน 2 แบบได้แก่ แบบวัดความเร็วของอนุภาคดินหรือหิน(Seismograph)ซึ่งสามารถวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวเพื่อกำหนดตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว ขนาด เวลาเกิด ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างของโลก ลักษณะของแนวรอยเลื่อน กลไกการเกิดแผ่นดินไหว และแบบวัดอัตราเร่งของพื้นดินได้แก่ เครื่องวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerograph) เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับงานด้านวิศวกรรมแผ่นดินไหว ในบริเวณพื้นที่ที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว

คลื่นแผ่นดินไหวแบ่งออกเป็น 2 ชนิดได้แก่

-คลื่นหลัก (Body Wave)เป็นคลื่นที่เดินทางอยู่ภายในโลก ได้แก่ คลื่น P อนุภาคของดินเคลื่อนที่ไปตามแนวแรง และคลื่น S อนุภาคดินเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบ ทิศเหนือใต้และ ตะวันออกตะวันตก ความยาวช่วงคลื่นหลักอยู่ระหว่าง 0.01-50 วินาที

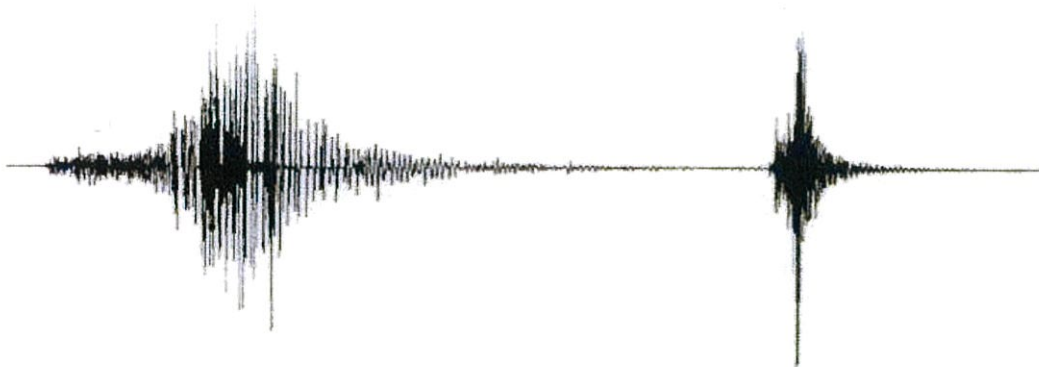
-คลื่นผิวพื้น (Surface Wave) ได้แก่คลื่นเลฟ (Love :LQ) อนุภาคดินเคลื่อนที่ในแนวระนาบเหมือน การเคลื่อนที่ของงูเลื้อย และคลื่น เรย์เลห์ (Rayleigh :LR) อนุภาคของดินเคลื่อนที่เหมือนคลื่น P แต่ ขณะเดียวกันมีการเคลื่อนตัวแบบย้อนกลับ ความยาวช่วงคลื่นผิวพื้นประมาณ 10-350 วินาทีแสดง ดังรูปที่ 2.4



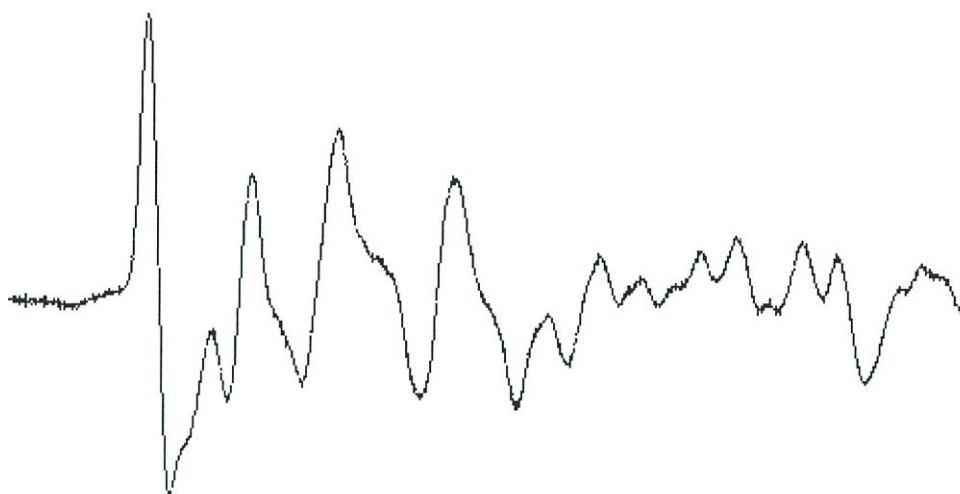
รูปที่ 2.4 แสดงลักษณะของคลื่นแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวจากการตรวจวัด

ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวใกล้และคลื่นแผ่นดินไหวไกลที่ตรวจวัดได้ในประเทศไทยแสดงดังรูปที่ 2.5



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



คลื่นแผ่นดินไหว โกล บริเวณ ประเทศชิลี เมื่อ 3 กันยายน 2541 ขนาด 6.5 ริกเตอร์

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างคลื่นแผ่นดินไหวใกล้และไกลจากการตรวจวัด

2.3. 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 “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 M_0 สามารถคำนวณได้จากหลายวิธี เช่น จากการวิเคราะห์คลื่นแผ่นดินไหวซึ่งค่อนข้างซับซ้อนหรือจากการสำรวจทางธรณีวิทยาเพื่อหาผลคูณของการขจัดของรอยเลื่อนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว(Fault displacement) และปริมาณพื้นที่ของรอยเลื่อน (Fault surface area) ส่วนใหญ่ขนาด M_w ใช้สำหรับกรณีแผ่นดินไหวไกล ที่มีขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.2 แสดงการคำนวณขนาดแผ่นดินไหวชนิดต่างๆ

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

ความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) วัดได้จากปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นขณะเกิดแผ่นดินไหวและหลังเกิดแผ่นดินไหว เช่น ความรู้สึกของความผู้คน ลักษณะที่วัตถุ สิ่งก่อสร้างสั่นไหว หรือเสียหาย ลักษณะทางกายภาพของพื้นดินที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น ความรุนแรงแผ่นดินไหวมีด้วยกันหลายมาตรา แต่ที่นิยมใช้ในประเทศไทยได้แก่ มาตราเมอร์แคลลีซึ่งมี 12 อันดับ (MM Scale) เรียงลำดับจากเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่รุนแรงน้อยที่สุดจนถึงรุนแรงมากที่สุด แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 อันดับความรุนแรงแผ่นดินไหวตามมาตราเมอร์แคลลี (MM)

อันดับ	เหตุการณ์แผ่นดินไหว
I	ไม่รู้สึกสั่นไหว ตรวจวัดได้ด้วยเครื่องมือ
II	รู้สึกบางคน โดยเฉพาะผู้อยู่ชั้นบนของอาคาร สิ่งของแกว่งไกว
III	ผู้อยู่ในอาคารรู้สึก เฉพาะอย่างยิ่งผู้อยู่ชั้นบนอาคาร แต่ผู้คนส่วนใหญ่ยังไม่รู้สึกว่ามีแผ่นดินไหว
IV	ในเวลากลางวันผู้คนในอาคารรู้สึกมาก แต่ผู้อยู่นอกอาคารรู้สึกบางคน งาน 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 โครงสร้างอาคารบิดเบนจากแนวตั้ง เสียหายอย่างมากกับอาคารและบางส่วนพังทลาย ตัวอาคารเคลื่อนจากฐานราก พื้นดินแตก ท่อใต้ดินแตกหัก
X	อาคารไม้ที่สร้างไว้อย่างดี เสียหาย โครงสร้างอาคารพังทลาย รางรถไฟบิด พื้นดินแตก แผ่นดินถล่มหลายแห่ง ทรายและโคลนพุ่งจากพื้นดิน
XI	สิ่งก่อสร้างเหลืออยู่น้อย สะพานถูกทำลาย พื้นดินมีรอยแยกกว้าง ท่อใต้ดินเสียหายหมด รางรถไฟบิดงอมาก
XII	เสียหายทั้งหมด เห็นคลื่นบนพื้นดิน เส้นแนวระดับสายตาบิดเบน วัตถุสิ่งของกระเด็นในอากาศ

ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration)

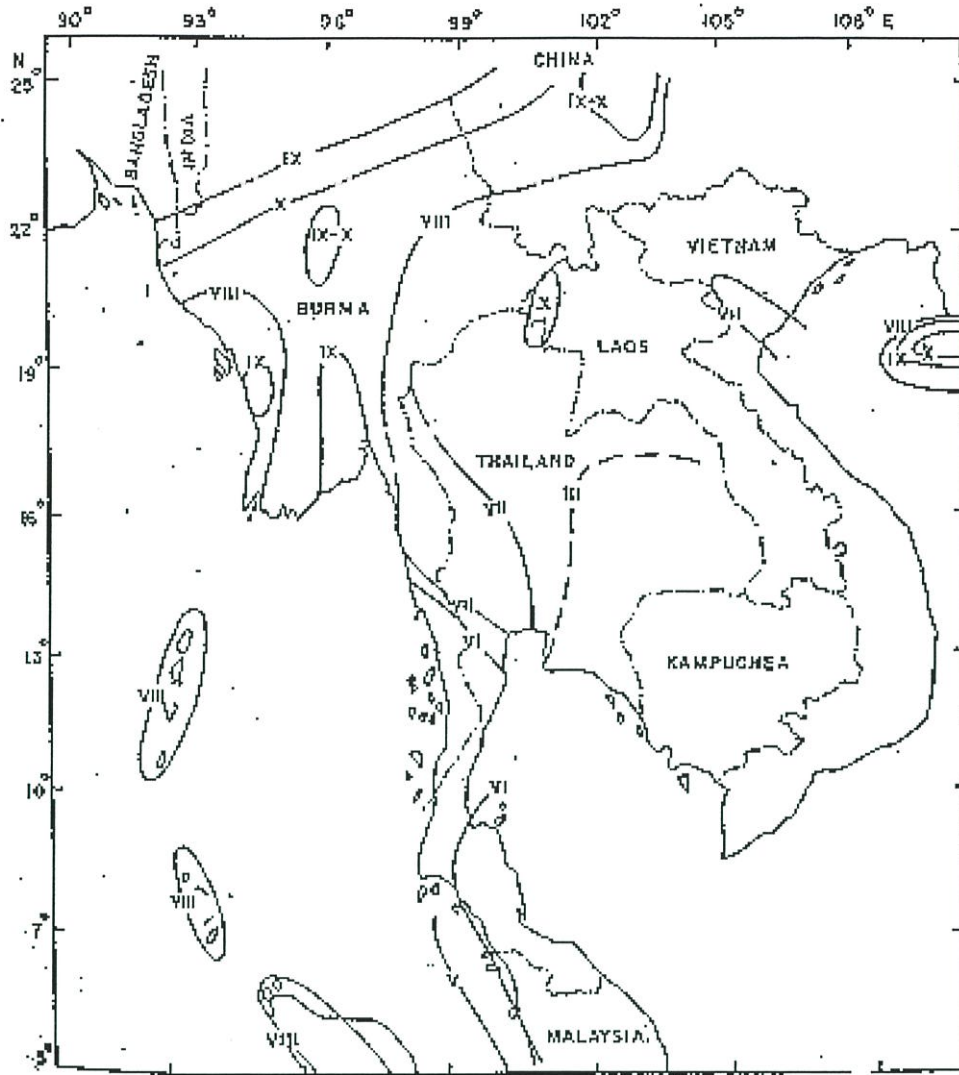
ค่าอัตราเร่งสูงสุดของพื้นดิน (Peak Ground Acceleration:PGA) เป็นค่าที่มีความสำคัญในการออกแบบเชิงวิศวกรรมของอาคารในบริเวณที่มีความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหวมีหน่วยเป็นค่าอัตราเร่งฟุต/วินาที² หรือ เซนติเมตร/วินาที² หรือ เป็นสัดส่วนของค่าอัตราเร่งหรือแรงโน้มถ่วงของโลก (%

ของค่า g) หรือหน่วยเป็น gal (ประมาณ 980 gal เท่ากับ 1 g) ค่า PGA สามารถหาได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือ จากการวิเคราะห์จากคลื่นความสั่นสะเทือนที่ตรวจวัดแผนที่ความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง (Maximum Intensity map) ผลของการศึกษาข้อมูลในประวัติศาสตร์ซึ่งรวบรวม นับย้อนหลังไปถึง 624 ปี ก่อนคริสต์ศักราช ถึงปี พ.ศ. 2527 จากแหล่งข้อมูลต่างๆ อาทิเช่น จาก ศิลาจารึก พงศาวดาร ปุณบันทิก จดหมายเหตุ หนังสือพิมพ์ เอกสารต่างๆ และข้อมูลเหตุการณ์แผ่นดินไหวในปัจจุบันซึ่งตรวจวัดด้วยเครื่องมือ และรายงานความรุนแรงของแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในบริเวณต่างๆ ของประเทศไทยทำให้สามารถจัดทำแผนที่แสดงความรุนแรงแผ่นดินไหวสูงสุดในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงแสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งแสดงถึงเหตุการณ์ความรู้สึก ลักษณะของการสั่นไหวของวัตถุ ความเสียหายต่อสิ่งก่อสร้าง ต่างๆ เขียนเป็นเส้นแสดงความรุนแรงสูงสุดที่ได้คัดเลือกจากข้อมูลดังกล่าว ทั้งหมด ข้อมูลนี้สามารถเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานด้านวิศวกรรม การก่อสร้างในอนาคต ให้สามารถรับแรงที่เคยเกิดขึ้นจากแผ่นดินไหวในอดีต ณ บริเวณที่สนใจ เพราะมีแนวคิดทางด้านแผ่นดินไหวว่า ในบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว จะมีปรากฏการณ์ที่เรียกว่าการเวียนเกิดซ้ำ ของแผ่นดินไหว (Return Period) โดยแผ่นดินไหวขนาดใหญ่จะมีการเวียนเกิดซ้ำยาวนาน

พลังงานแผ่นดินไหว (Seismic Energy) สามารถประมาณค่าได้จากขนาด m_b และ M_s ด้วยสูตรต่างๆ ของ Gutenberg และ Richter ดังนี้

$$\text{Log } E = 5.8 + 2.4 m_b \quad \text{หรือ} \quad \text{Log } E = 11.8 + 1.5 M_s$$

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



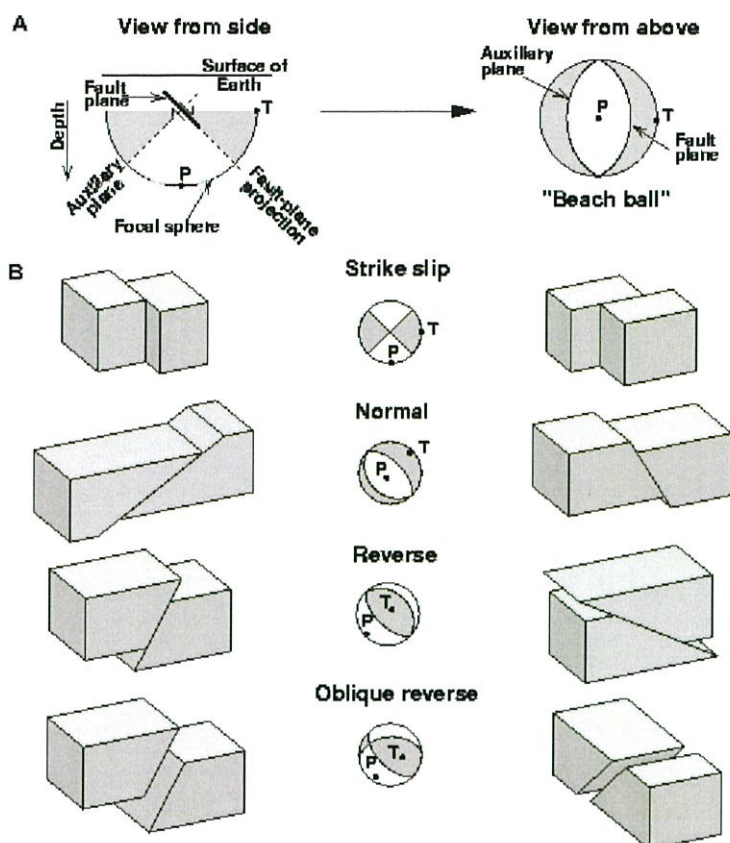
รูปที่ 2.6 แผนที่แสดงความรุนแรงสูงสุด

2.4 แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

แหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวหรือบริเวณตำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหวส่วนใหญ่จะอยู่ตรงบริเวณ -แนวแผ่นดินไหวของโลก ตรงบริเวณขอบของแผ่นเปลือกโลก ในกรณีของประเทศไทยแนวแผ่นดินไหวโลกที่ใกล้ๆ ได้แก่ แนวในมหาสมุทรอินเดีย สุมาตรา และ ประเทศเมียนมาร์

-แนวรอยเลื่อนต่าง ๆ ในกรณีประเทศไทย ได้แก่ แนวรอยเลื่อนในประเทศเพื่อนบ้าน พม่า จีนตอนใต้ สาธารณรัฐประชาชนลาว แนวรอยเลื่อนภายในประเทศซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือและภาคตะวันตก แสดงดังรูปที่ 2.7 ที่น่าสังเกตคือแนวรอยเลื่อนบางแห่งเท่านั้นมีความสัมพันธ์กับเกิดแผ่นดินไหว เช่น รอยเลื่อนแพร์ รอยเลื่อน แม่ทา รอยเลื่อนศรีสวัสดิ์ รอยเลื่อนระนอง เป็นต้น

-บริเวณที่มนุษย์มีกิจกรรมกระตุ้นให้เกิดแผ่นดินไหว เช่น เหมือง เชื้อน บ่อน้ำมัน เป็นต้น



รูปที่ 2.8 รอยเลื่อนชนิดต่างๆ

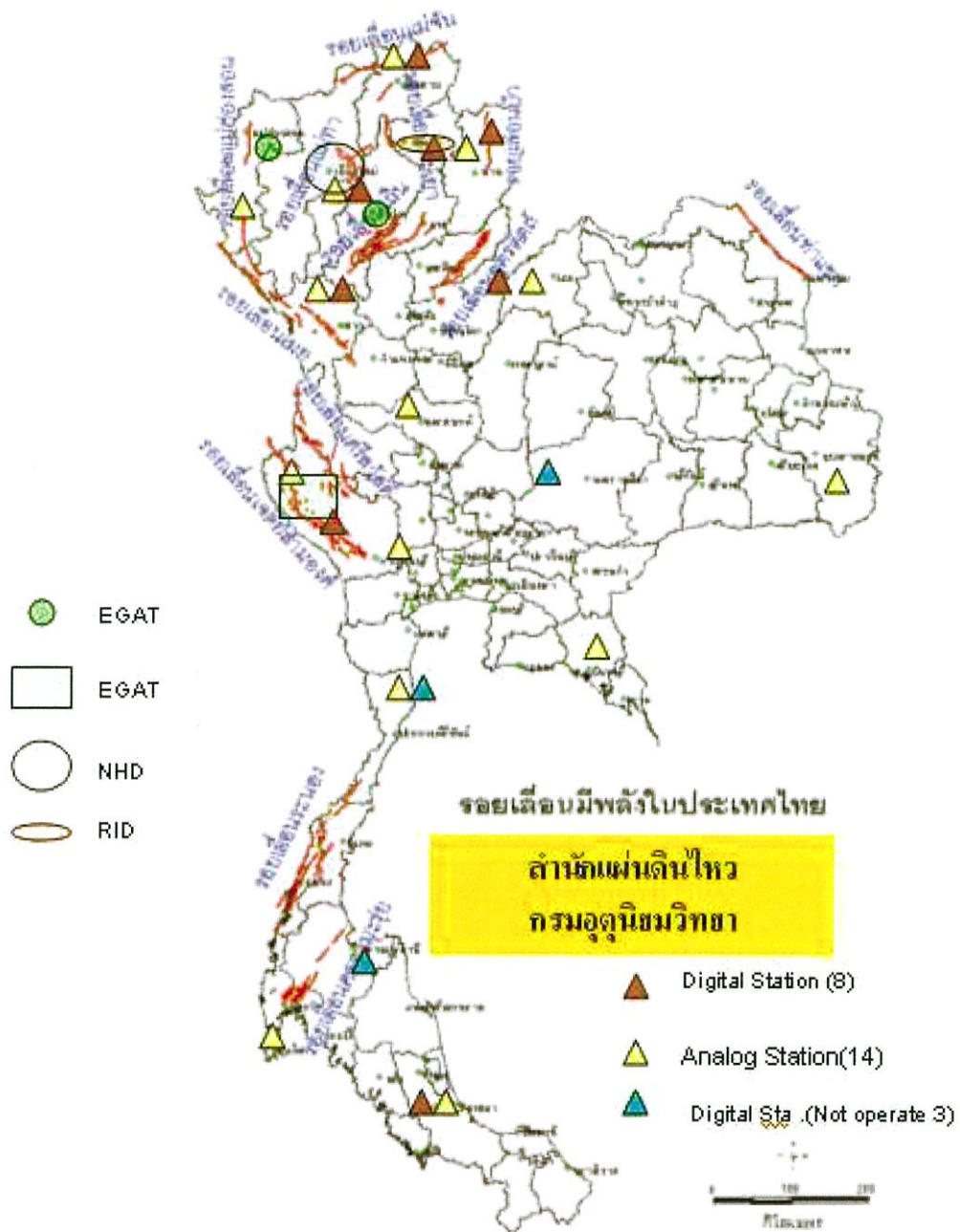
2.5. การตรวจวัดแผ่นดินไหวและเครื่องมือ

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

เครือข่ายตรวจวัดความสั่นสะเทือนทั่วไปจะเป็นเครื่องมือตรวจวัดความเร็วของอนุภาคดิน (Seismometer) มีวัตถุประสงค์โดยทั่วไปเพื่อหาดำแหน่งศูนย์กลางแผ่นดินไหว เวลาเกิด ขนาด และ เครื่องมือตรวจวัดอัตราเร่งของพื้นดิน (Accelerometer) เพื่องานด้านวิศวกรรม ข้อมูลพื้นฐานนี้สามารถนำมาวิเคราะห์ ลักษณะของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว โครงสร้างของโลก ความเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว และอื่นๆ

ปัจจุบันเครือข่ายการตรวจวัดแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยาได้ปรับปรุงรวมถึงเพิ่มเติมระบบการตรวจวัดจากเดิมระบบอนาล็อกเป็นระบบดิจิทัลโดยส่งผ่านสัญญาณด้วยระบบสื่อสารดาวเทียมแบบเวลาจริง โดยมีศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลแบบอัตโนมัติ ณ ส่วนกลางกรมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งแสดงรายละเอียดเครื่องมือทั้งหมดของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่มีเครือข่ายการตรวจวัดความสั่นได้แก่ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย มีเครือข่ายและเครื่องมือตรวจวัดแผ่นดินไหว

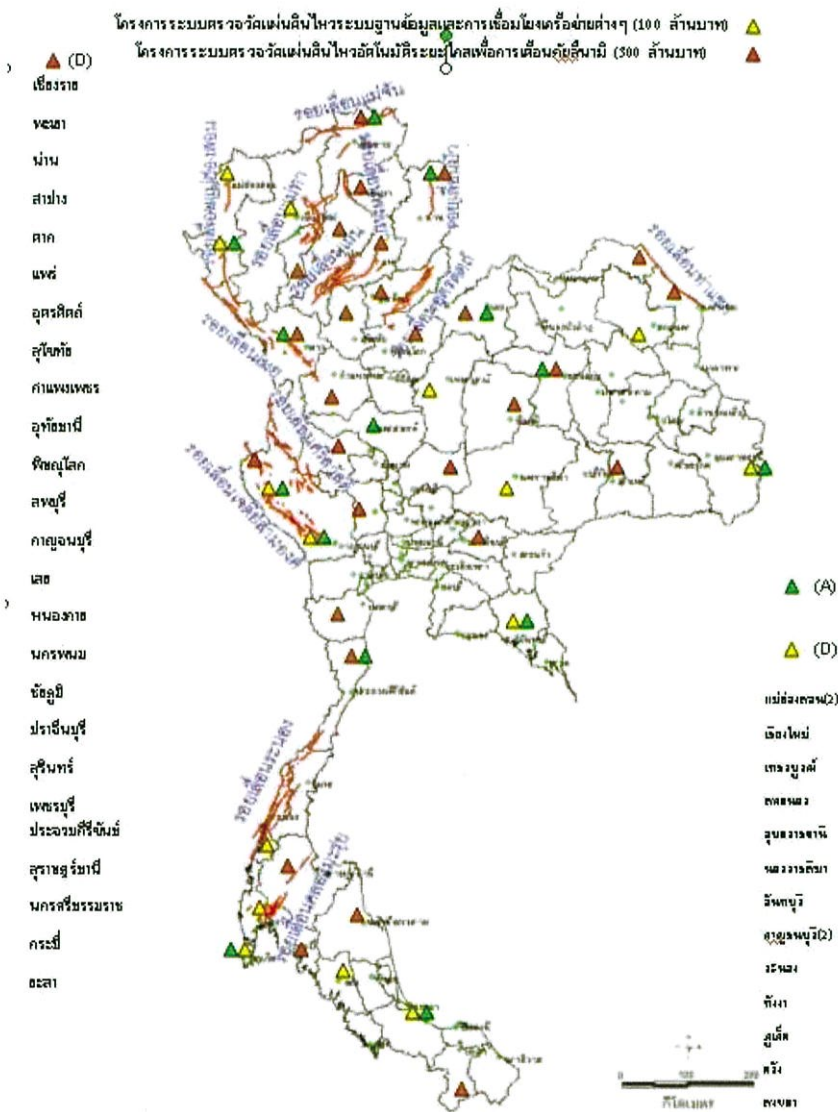
บริเวณเขื่อนต่างๆ ด้านตะวันตก ภาคเหนือ และภาคใต้ของประเทศ อีกหน่วยงานหนึ่งได้แก่ กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือมีเครือข่ายมีลักษณะเป็นแบบ Array มีวัตถุประสงค์ในตรวจสอบความสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากการทดสอบนิวเคลียร์ใต้พื้นดินและตำแหน่งของแผ่นดินไหวใกล้



รูปที่ 2.9 เครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวของหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทย

การปรับปรุงเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหวในอนาคต

หลังจากการเกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ 9.3 ริกเตอร์ บริเวณเกาะสุมาตรา เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2547 ทำให้เกิดคลื่นสึนามิซัดเข้าหาชายฝั่งทะเลด้านตะวันตกของประเทศไทย ก่อให้เกิดความเสียหายจำนวนมากต่อชีวิตทรัพย์สินของประชาชนทั้งชาวไทยและนักท่องเที่ยวต่างประเทศจำนวนมาก กรมอุตุนิยมวิทยาได้พิจารณาให้มีการปรับปรุงเครือข่ายตรวจแผ่นดินไหวทั่วประเทศโดยแบ่งเป็น 2 โครงการ โครงการแรกปรับปรุงและขยายเครือข่ายสถานีดิจิทัลเป็น 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 2.10 แสดงตำแหน่งสถานีตรวจแผ่นดินไหวของกรมอุตุนิยมวิทยา

2.6. สถิติแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวในประเทศไทยนั้นมีการรวบรวมสถิติข้อมูลในอดีตจากหลายแหล่งข้อมูล เช่น ศิลาจารึก พงศาวดาร ปฐม จดหมายเหตุ สิ่งพิมพ์ อื่นๆ พบว่าเริ่มต้นบันทึกเหตุการณ์แผ่นดินไหวในลักษณะของความรุนแรงแผ่นดินไหว (Intensity) ส่วนใหญ่บรรยายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของแผ่นดินไหวและความเสียหายที่เกิด ในช่วงตั้งแต่ 624 ปีก่อนคริสต์ศักราช จนถึงราวปี พ.ศ. 2443 เป็นต้นมา จึงเริ่มมีข้อมูลแผ่นดินไหวที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องมือของเครือข่ายสถานีตรวจแผ่นดินไหวต่างประเทศ แผ่นดินไหวที่ส่งผลกระทบต่อประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นแผ่นดินไหวจากแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหวภายในประเทศตรงบริเวณแนวรอยเลื่อนของภาคตะวันตกและภาคเหนือ กับจากแหล่งกำเนิดรอยเลื่อนบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน ประเทศพม่า สาธารณรัฐประชาชนจีน ทะเลอันดามัน และบริเวณเกาะสุมาตรา

2.7. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายจากแผ่นดินไหว

มีปัจจัยหลายประเภทซึ่งเป็นองค์ประกอบสำหรับพิจารณาในเรื่องของความเสียหายมากหรือน้อยจากเหตุการณ์แผ่นดินไหว ได้แก่

2.7.1 ขนาดและแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

-แผ่นดินไหวที่อยู่ในแนวแผ่นดินไหวโลก และเกิดจากแรงเทคโทนิคภายในเปลือกโลกโดยเฉพาะบริเวณที่มีการชนกันของเปลือกโลกมักทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

-แผ่นดินไหวที่เกิดจากแนวรอยเลื่อนที่มีความยาวมากๆ จะมีศักยภาพทำให้เกิดแผ่นดินไหวขนาดใหญ่

-แผ่นดินไหวที่เกิดจาก การกระตุ้นของมนุษย์ มักมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กถึงปานกลาง เช่นการทำเหมือง การสร้างเขื่อน เป็นต้น

2.7.2 ระยะทาง

โดยปกติแผ่นดินไหวที่มีขนาดเท่ากันแต่ระยะทางต่างกัน ระยะทางใกล้กว่าย่อมมีความสั่นสะเทือนของพื้นดินมากกว่ามีศักยภาพของภัยมาก ยกเว้นในกรณีคลื่นยักษ์ใต้น้ำอาจเกิดจากศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ไกล

2.7.3 ความลึกของแผ่นดินไหว

แผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกไม่มากหรือแผ่นดินไหวผิวพื้นจะก่อความเสียหายได้มากกว่าแผ่นดินไหวซึ่งมีความลึกหลายร้อยกิโลเมตร ตัวอย่างเช่น แผ่นดินไหวผิวพื้นที่เกิดจากกระตุ้นของการทำเหมืองในประเทศแอฟริกาใต้มีขนาดประมาณ 5 ริกเตอร์ แต่เนื่องจากมีความลึกไม่ถึง 1 กิโลเมตร ก่อความเสียหายทำให้สิ่งก่อสร้างบริเวณใกล้เคียงพังทลายลง

2.7.4 ทิศทางการเคลื่อนตัวของแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว

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

2.7.5 เวลาเกิด

เวลาเกิดของแผ่นดินไหวมีผลกระทบต่อความเสียหาย เนื่องจากกิจกรรมบางอย่างที่มนุษย์กระทำหรืออยู่ร่วมกัน มีทั้งในเวลากลางวันและกลางคืน ดังนั้นหากเกิดแผ่นดินไหวในช่วงที่มีกิจกรรมดังกล่าวโอกาสหรือความเสี่ยงที่จะมีความเสียหายรุนแรงเพิ่มขึ้น

2.7.6 ความยาวนานของแผ่นดินไหว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวที่มีความสั่นสะเทือนกินเวลาหลายวินาที ความเสียหายจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากคลื่นแผ่นดินไหวประกอบด้วยคลื่นความสั่นสะเทือนหลายความยาวช่วงคลื่นหรือหลายความถี่ ในกรณีที่แผ่นดินไหวมีความสั่นสะเทือนยาวนาน ณ ความถี่ที่ตรงกับค่าความถี่ธรรมชาติของอาคารสิ่งก่อสร้างจะช่วยเสริมให้เกิดความเสียหายรุนแรงต่อโครงสร้างได้

2.7.7 ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหว

ตำแหน่งของศูนย์กลางแผ่นดินไหวที่อยู่ในบริเวณรกร้าง ในป่าเขา ในทะเล มหาสมุทร ไกลจากชุมชนมาก ความสั่นสะเทือนที่เกิดย่อมมีอันตรายน้อยกว่า แผ่นดินไหวที่มีจุดศูนย์กลางใกล้ชุมชน

2.7.8 สภาพทางธรณีวิทยา

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

2.7.9 ความแข็งแรงของอาคาร

อาคารที่สร้างได้มาตรฐานมั่นคงแข็งแรง มีการออกแบบและก่อสร้างให้ต้านแผ่นดินไหว จะสามารถทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี เมื่อเกิดแผ่นดินไหวจะเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้อยู่อาศัยได้ในระดับหนึ่ง

2.7.10 การเตรียมพร้อม

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

2.8. แหล่งข้อมูลแผ่นดินไหว

ตารางที่ 2.4 แสดงตารางข้อมูลแผ่นดินไหวและหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูล	หน่วยงาน
สถิติข้อมูลแผ่นดินไหว ตำแหน่ง ขนาด เวลาเกิด ในอดีต และปัจจุบัน ของประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียง	สำนักงานแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา
สถิติข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณ จ.กาญจนบุรีและด่านตะวันตก	กรมอุตุนิยมวิทยา การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
สถิติข้อมูลแผ่นดินไหวบริเวณภาคเหนือ	กรมอุตุนิยมวิทยา กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ
ข้อมูลแผ่นดินไหวต่างประเทศ	USGS, NEIC, ISC, IRIS, GSN CEA, Geofon, ASL, EMSC, MMS, REDPUMA,PTWC, JMA กรมอุตุนิยมวิทยา

2.9. การจัดระบบป้องกันและบรรเทาภัยแผ่นดินไหว

ภัยแผ่นดินไหวเป็นภัยที่ยังไม่สามารถคาดการณ์หรือพยากรณ์ได้แม่นยำ นอกจากนั้นยังเป็นภัยธรรมชาติที่ไม่เลือกเวลาเกิดและสามารถส่งผลกระทบข้ามประเทศได้ทางทั้งทางตรงและทางอ้อม วิธีการที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการเผชิญภัยแผ่นดินไหว ได้แก่การมีระบบจัดการที่มีประสิทธิภาพก่อนการเกิด ขณะเกิด และหลังการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับด้านวิศวกรรมที่ต้องคำนึงถึง ตัวอย่างเช่น

ก่อนการเกิดแผ่นดินไหว

- มีข้อบังคับการออกแบบ และก่อสร้างอาคารต้านแผ่นดินไหวในพื้นที่เสี่ยงภัย
- การศึกษาแหล่งกำเนิดแผ่นดินไหว รอยเลื่อนต่างๆ ว่าเป็นรอยเลื่อนมีพลังหรือไม่ สามารถก่อให้เกิดแผ่นดินไหวได้ขนาดสูงสุดเท่าใด มีค่าการอุบัติซ้ำ (Return period) ก็ปี
- การศึกษาวิจัยเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้องกับภัยแผ่นดินไหว เช่น การขยายตัวของความสั้นสะเทือน, สภาพดินเหลว, การออกแบบอาคารต้านแผ่นดินไหว ,การวางแผนเส้นทางอพยพเส้นทางขนส่ง และมาตรการต่างๆ
- มีแผนที่แบ่งเขตเสี่ยงภัยแผ่นดินไหว
- มีระบบปิดอัตโนมัติสำหรับ ระบบอุปกรณ์ที่จะมีผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนโดยส่วนรวม เช่น รถไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ เป็นต้น รวมทั้งมีระบบสำรองข้อมูลที่สำคัญ
- อาคารสิ่งก่อสร้างเดิม มีความแข็งแรงเพียงพอหรือไม่ต้องมีการเสริมความแข็งแรงบริเวณใด
- การควบคุมการก่อสร้าง และคุณภาพของวัสดุก่อสร้าง ต้องมีมาตรฐานและเข้มงวด
- ประเมินความเสี่ยงของบริเวณที่คาดว่าจะมีผลกระทบรุนแรงต่อประชาชน
- มีแผนปฏิบัติการสำหรับการตอบสนองต่อเหตุการณ์วิกฤตเมื่อเกิดแผ่นดินไหวรุนแรงและป้องกันผลกระทบที่ตามมา เช่นไฟไหม้ เป็นต้น นอกจากนั้นต้องมีแผนการฟื้นฟูในด้านต่างๆ
- มีระบบตรวจวัดความสั้นสะเทือนที่หนาแน่นและมีประสิทธิภาพ
- มีระบบประกันภัยเกี่ยวกับแผ่นดินไหวในบริเวณเสี่ยงภัย
- การชักจูงของประชาชนในการเผชิญภัย

ขณะเกิดแผ่นดินไหว

- อาคารสิ่งก่อสร้าง ที่อยู่อาศัย และสิ่งก่อสร้างที่มีความสำคัญต่อสาธารณูปโภคมีสมรรถนะในการต้านแผ่นดินไหวเพียงพอ สิ่งของวัสดุอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ การสื่อสาร คอมพิวเตอร์มีการป้องกันที่ดีพอ
- ประชาชนมีความเชื่อมั่นต่อความแข็งแรงโครงสร้างของอาคารที่พักอาศัย สถานที่ทำงาน และมีความเข้าใจในการปฏิบัติตนเมื่อเกิดแผ่นดินไหว

หลังเกิดแผ่นดินไหว

- การปฏิบัติการค้นหาช่วยชีวิต การเตรียมอุปกรณ์ช่วยเหลือ การพยาบาล สุขอนามัย อาหาร น้ำ และเสื้อผ้า
- การซ่อมแซม บูรณะฟื้นฟู สิ่งก่อสร้างที่เสียหายและระบบสาธารณูปโภคที่เสียหายซึ่งการแก้ไขอาจนานนับเดือนหรือปี
- การสร้างอาคารที่พักชั่วคราว

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดทดลองเครื่องวัดแผ่นดินไหว เพื่อศึกษา ลักษณะแผ่นดินไหวและพัฒนาเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหวให้คุณภาพอยู่ในระดับดีขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้ ดำเนินและรวบรวมขั้นตอนต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย

- 3.1.1 สปริง
- 3.1.2 ขดลวด
- 3.1.3 แม่เหล็ก
- 3.1.4 อลูมิเนียม
- 3.1.5 บอร์ด Arduino
- 3.1.6 Note book

3.2 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย

3.2.1 การสร้างชุดจำลองเครื่องตรวจวัดแผ่นดินไหว

ผู้วิจัยได้ทำขั้นตอนในการสร้างชุดจำลองเครื่องตรวจแผ่นดินไหว ดังนี้

- 3.2.1.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเกิดแผ่นดินไหว
- 3.2.1.2 ศึกษารายละเอียดเครื่องวัดแผ่นดินไหว
- 3.2.1.3 สร้างชุดทดลองแผ่นดินไหว

Seismograph → Preamplifier → controller → Display

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างชุดแผ่นดินไหว

การอธิบายละเอียดของขั้นตอนการสร้างชุดทดลองแผ่นดินไหวมีขั้นตอนดังนี้
แบ่งออกเป็น 5 ส่วน

1. ส่วนโครง
2. ส่วน SENSOR
3. ส่วนกล่องใส่แม่เหล็ก
4. ส่วนภาคปรับแต่งสัญญาณ
5. ออกแบบค่า K ของสปริง

1. ส่วนโครง

-ใช้อลูมิเนียม 3 ชิ้นขนาด $5 \times 35 \times 1.5$ $5 \times 50 \times 1.5$ และ $5 \times 60 \times 1.5$ cm.



รูปที่ 3.1 อลูมิเนียม

-ใช้ดินสอร่างเพื่อตัดส่วนฐานให้ประกอบกันได้ (ตัดตามเส้นสีม่วง)



เส้นสีม่วง

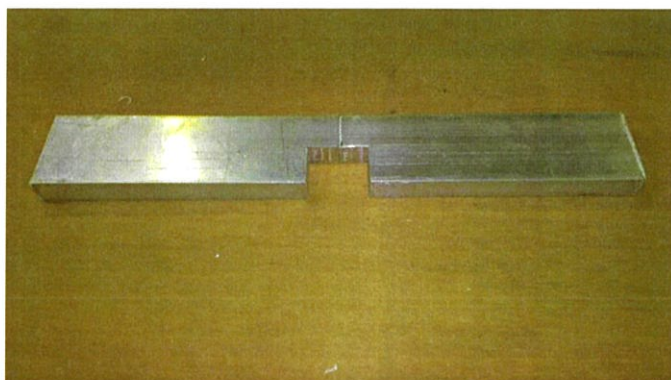
รูปที่ 3.2 เส้นที่ร่างไว้

-ใช้เครื่องกัดอลูมิเนียมตามเส้นสีม่วงที่ขีดไว้ (กัดทั้ง 3 ส่วน)



รูปที่ 3.3 เครื่องกัดตามเส้นขีดไว้

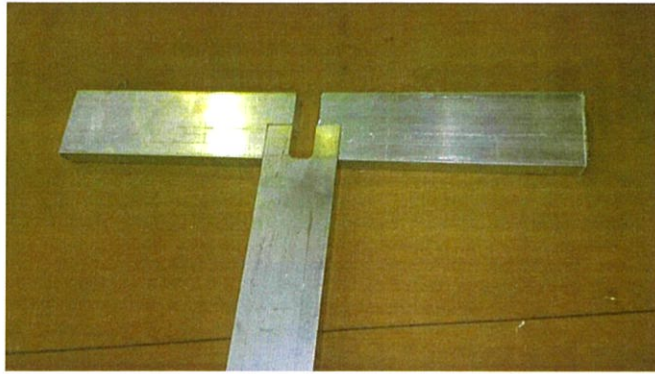
-นำอลูมิเนียม 3 ชิ้นที่กัดอลูมิเนียมเสร็จแล้วประกอบกัน



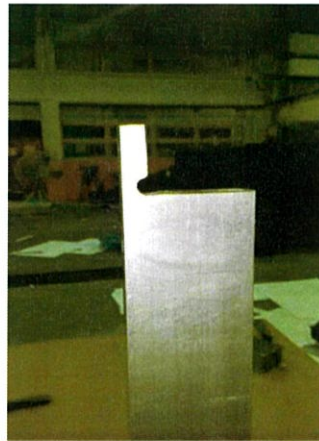
รูปที่ 3.4 ส่วนแขน



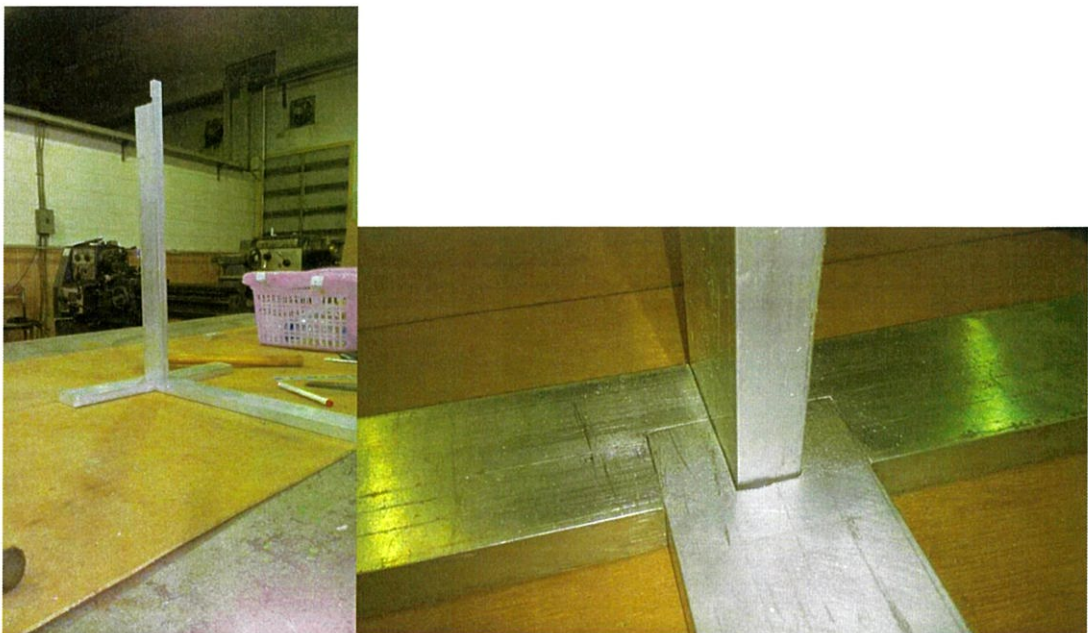
รูปที่ 3.5 ส่วนฐานแกนนอน



รูป 3.6 นำส่วนฐานแก่ประกอบกัน



รูปที่ 3.7 ฐานแกนตั้ง



รูป 3.8 นำส่วนแขนกับฐานแกนนอนและฐานแนวตั้งประกอบกัน

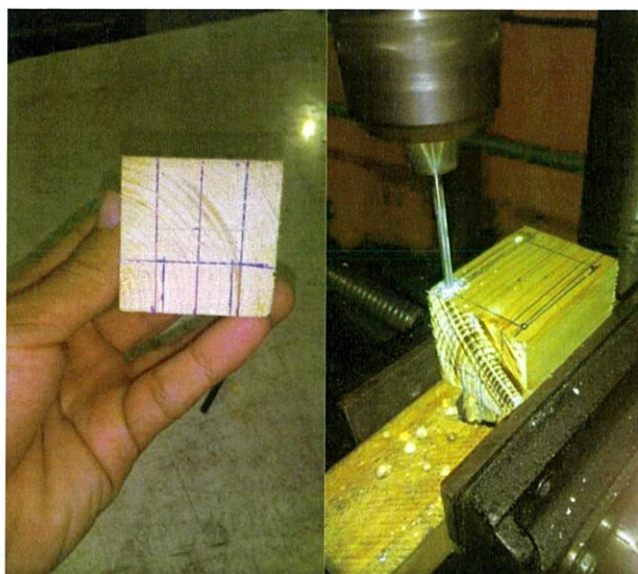
2. ส่วน SENSOR

-ใช้ขดลวดพันแกนกับแม่เหล็กขนาด 2.5×4×2 cm

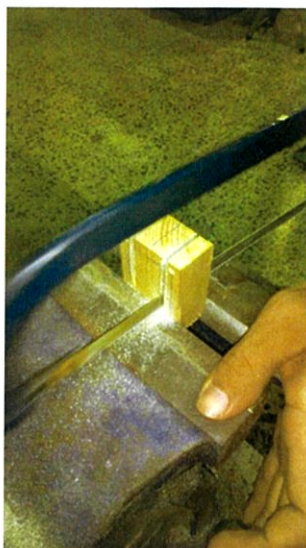


รูปที่ 3.9 ขดลวด

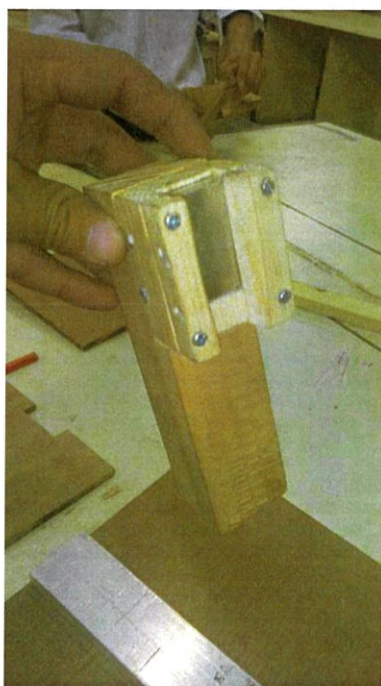
-ออกแบบกล่องใส่แม่เหล็กโดยใช้ไม้อัด 1 แท่ง



รูปที่ 3.10 ร่างเส้นแล้วเจาะรูใส่นี้อต



รูปที่ 3.11 เลื่อยตามแบบที่ขีดไว้



รูปที่ 3.12 ประกอบใส่น็อตพร้อมใส่แม่เหล็ก

3. ส่วนกล่องใส่แม่เหล็ก

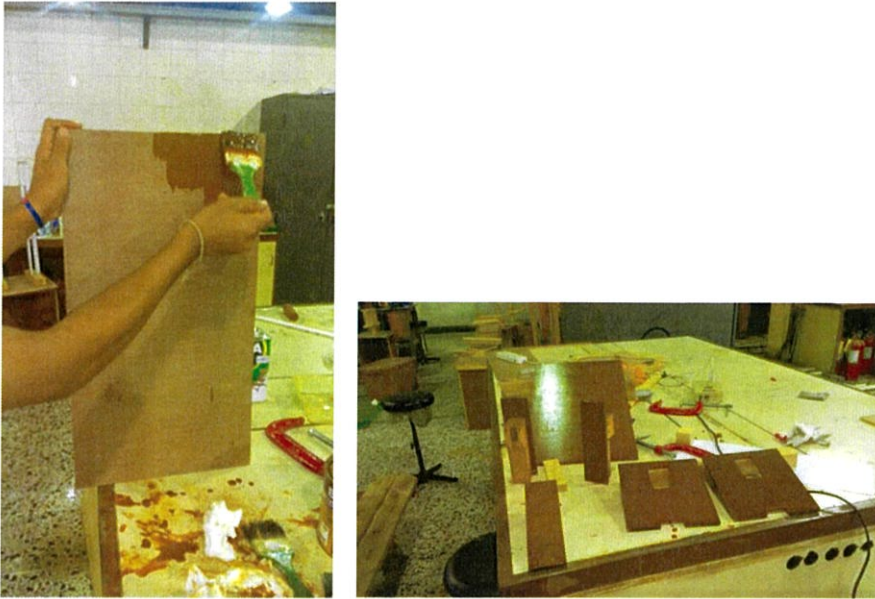
- ทำกล่องครอบแม่เหล็กทั้งหมด



รูปที่ 3.13 ร่างเส้นเพื่อใช้เลื่อยตัด



รูปที่ 3.14 ตัดตามรอยเส้นที่ขีดไว้



รูปที่ 3.15 ทาสีไม้อัดทั้งหมดที่ได้ตัดเตรียมไป

-ทำบานพับปิดเปิดกล่องเซนเซอร์ได้



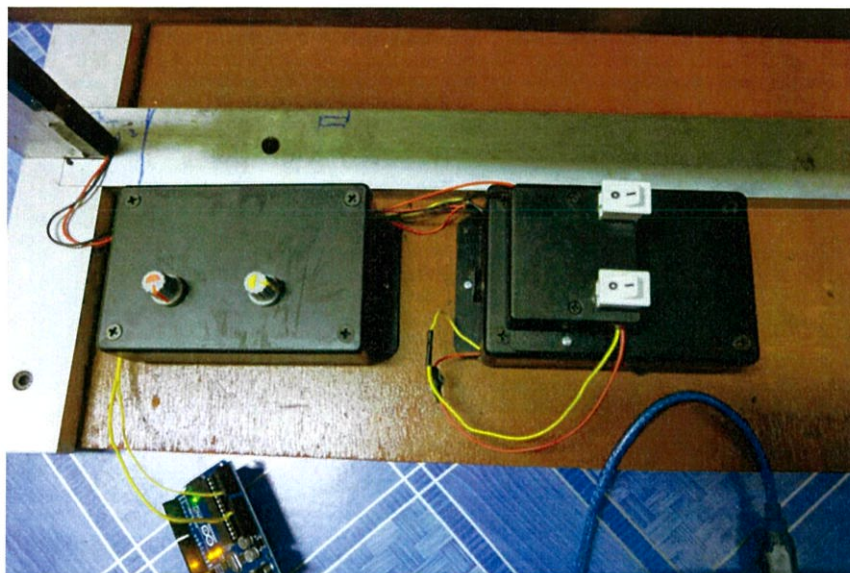
รูปที่ 3.16 ติดบานพับ

-ประกอบแต่ละส่วนโดยใช้กาวอัดติดไม้



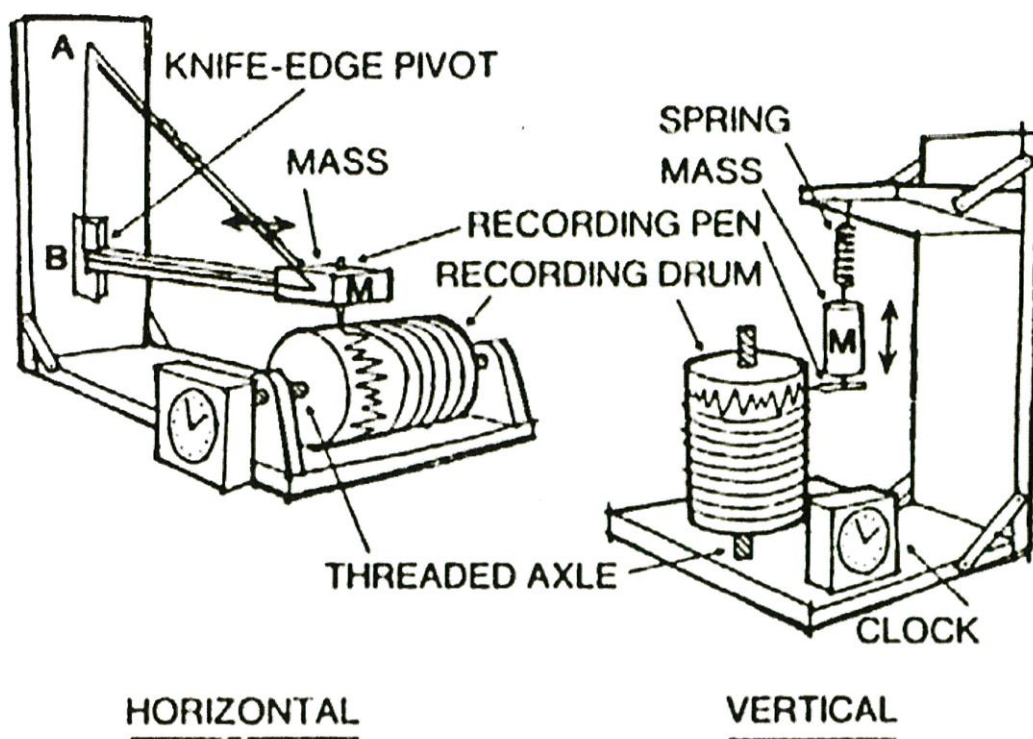
รูปที่ 3.17 หลังประกอบกล่องเสร็จ

4. ส่วนภาคปรับแต่งสัญญาณ



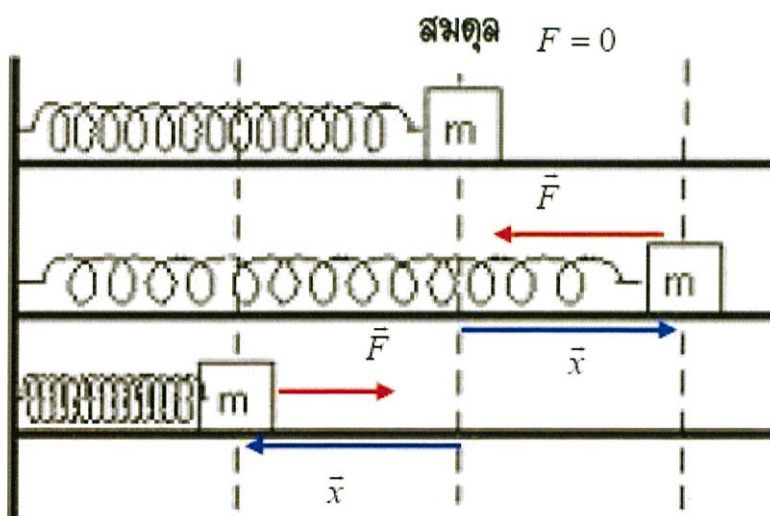
รูปที่ 3.18 หลังประกอบวงจรเสร็จ

5. ออกแบบหาค่า K ของสปริง (เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงการเกิดช่วงความถี่เรโซแนนซ์)



รูปที่ 3.19 แบบจำลอง Seismograph

การออกแบบหาค่า K ของสปริงที่มีความสัมพันธ์กับความถี่ธรรมชาติของสปริง



รูปที่ 3.20 การเคลื่อนที่ของสปริง

จากกฎการเคลื่อนที่ข้อสองของนิวตัน

ดังนั้นจะได้

$$\vec{F} = -k\vec{x}$$

$$m\vec{a} = -k\vec{x}$$

$$\vec{a} = -\frac{k\vec{x}}{m}$$

การหาคาบและความถี่ของการสั่นของวัตถุที่ติดสปริง

จาก

$$a = -\frac{k}{m}x \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

และ

$$a = -\omega^2 x \quad \dots\dots\dots(3.2)$$

นำสมการ (3.1) = (3.2) จะได้

$$\begin{aligned} \omega^2 &= \frac{k}{m} \\ \omega &= \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \dots\dots\dots(3.3) \end{aligned}$$

จาก

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \dots\dots\dots(3.4)$$

นำสมการ (3.3) แทนลงในสมการ (3.4) จะได้

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

จาก

$$f = \frac{1}{T} \dots\dots\dots(3.5)$$

นำสมการ (3.4) แทนลงสมการ (3.5)จะได้

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

3.2.2 การเขียนคำสั่งโปรแกรมบอร์ด Arduino

-ใช้ภาษา C Arduino โดยใช้คำสั่งดังนี้

```
void setup() {
```

```
    // initialize serial communication at 9600 bits per second:
```

```
    Serial.begin(9600);
```

```
}
```

```
// the loop routine runs over and over again forever:
```

```
void loop() {
```

```
    // read the input on analog pin 0:
```

```
    int sensorValue = analogRead(A0);
```

```
    // Convert the analog reading (which goes from 0 - 1023) to a voltage (0 - 5V):
```

```
    float voltage = sensorValue * (5 / 1023.0);
```

```
    // print out the value you read:
```

```
    Serial.println(voltage);
```

```
}
```

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

สัญญาณ Analog ที่วัดได้จากการสั่นสะเทือนขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ค่าคงของสปริง ความถี่ธรรมชาติของการสั่น และสัญญาณรบกวนรอบข้างล้วนมีผลกระทบต่อทั้งสิ้น ดังนั้นเราสนใจศึกษาปัจจัยเหล่านี้เพื่อหาวิธีการแก้ไขปัญหาผลกระทบที่เกิดขึ้น

4.1 ผลการทดลองการหาค่า k ของสปริง

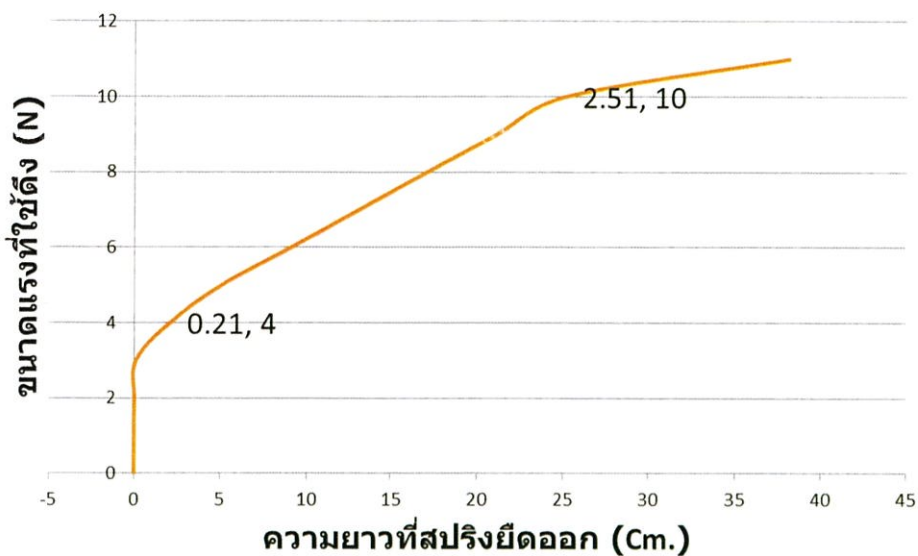


รูปที่ 4.1 การหาค่า K สปริง

ตาราง 4.1 ผลการทดลองการหาค่า K ของสปริง

แรงดึง(N)	ระยะสปริงยืดจากจุดสมดุล (Cm.)									
	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5	
	ยืดออก	หดเข้า	ยืดออก	หดเข้า	ยืดออก	หดเข้า	ยืดออก	หดเข้า	ยืดออก	หดเข้า
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
4	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
5	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
6	0.91	0.91	0.92	0.91	0.92	0.91	0.91	0.91	0.92	0.91
7	1.31	1.32	1.31	1.31	1.3	1.32	1.31	1.3	1.3	1.31
8	1.71	1.71	1.72	1.7	1.71	1.72	1.73	1.71	1.7	1.72
9	2.11	2.12	2.11	2.1	2.13	2.11	2.11	2.12	2.13	2.14
10	2.51	2.51	2.511	2.51	2.513	2.51	2.51	2.513	2.54	2.51
11	3.81	3.81	3.81	3.81	3.82	3.81	3.81	3.82	3.81	3.81

การทดสอบสปริง

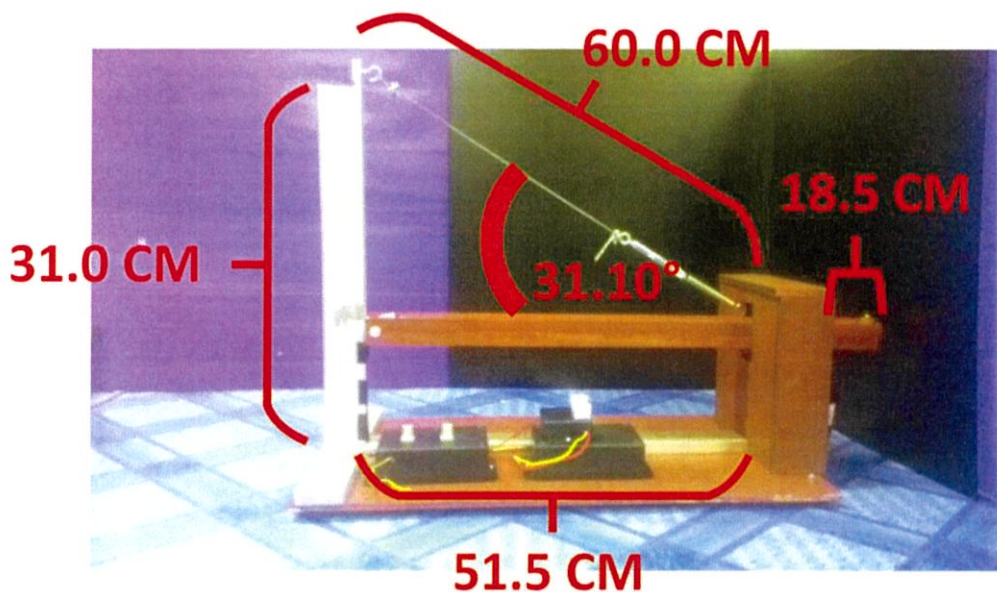


การหาค่า K ของสปริง

จากสูตรการหาความชัน(Slop) $Slop = \frac{\Delta y}{\Delta x}$

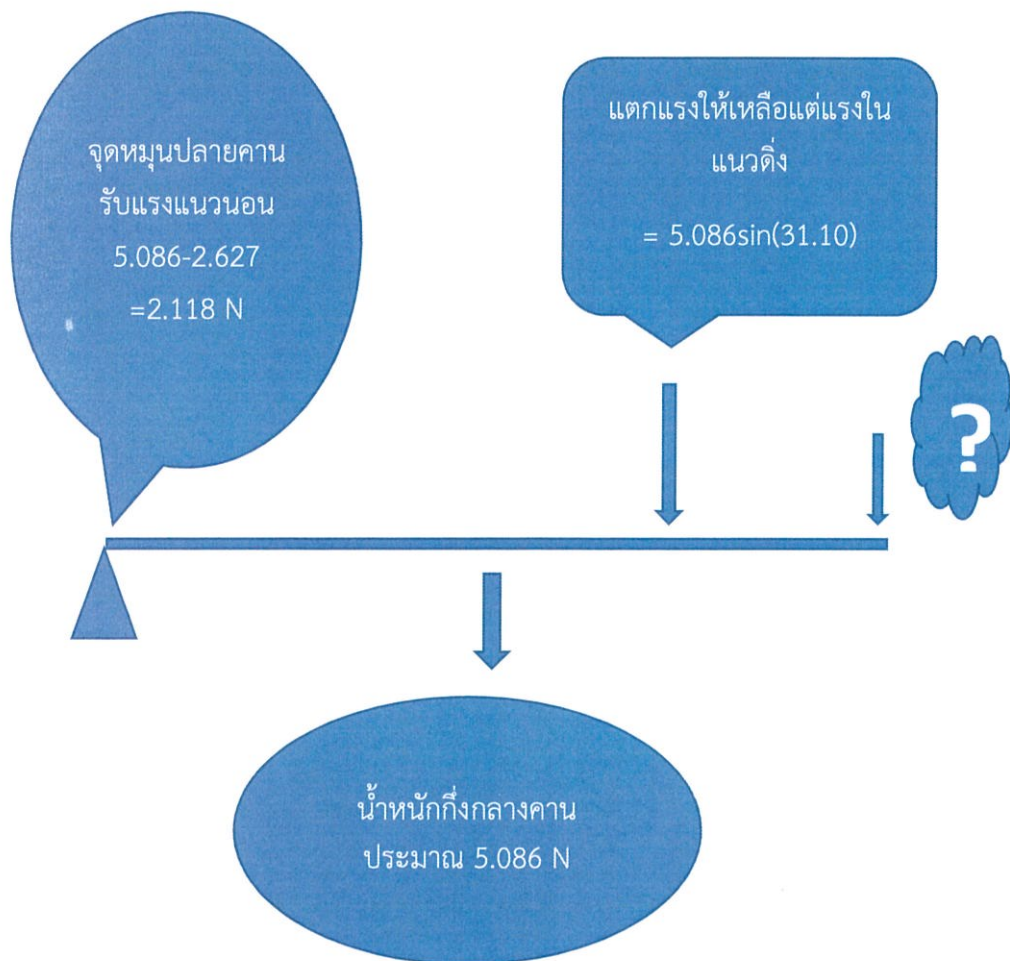
จะได้

$$\begin{aligned}
 &= \frac{10-4}{2.51-0.21} \\
 &= \frac{6}{2.3} \\
 &= 2.608 \text{ Cm/N}
 \end{aligned}$$



รูปที่ 4.2 ประกอบขนาดของเครื่องมือ

4.1.1 การคำนวณแรงแต่ละจุดที่คานรับแรงของเครื่องมือ



รูปที่ 4.3 การคำนวณแรงแต่ละจุดที่คานรับแรงของเครื่องมือ

สรุปช่วงที่คานรับแรงที่เหมาะสมกับช่วงการใช้งานที่ดีที่สุด

ปัจจัยที่น้ำหนักแนวตั้งให้เหมาะสมช่วงการสั้น

- การหาช่วงการใช้งานของสปริง 4-10 N
- การหาช่วงการหาค่าความเที่ยงตรง(Precision) 0-5 N
- การหาช่วง Hysteresis loop หาไม่ได้
- ดังนั้นช่วงที่แรงที่ใช้ดึงสปริงช่วงที่ดีที่สุดคือ 4-5 N

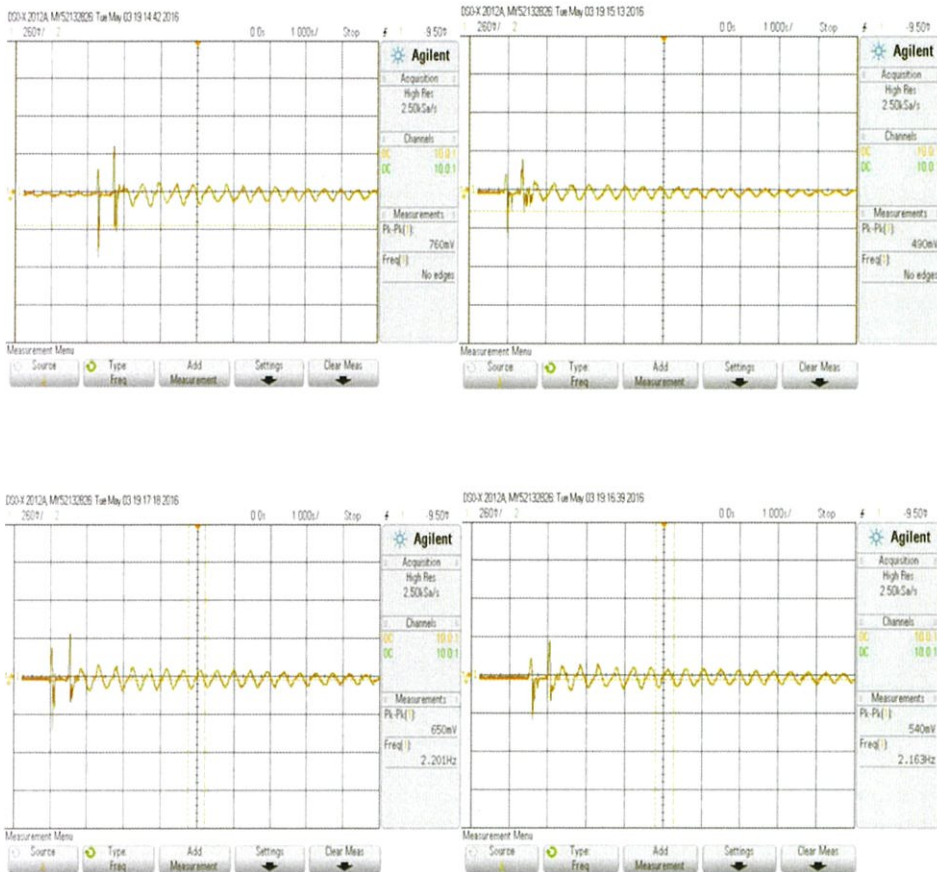
$$4 - 2.267 = 1.733 \text{ N}$$

$$5 - 2.267 = 2.733 \text{ N}$$

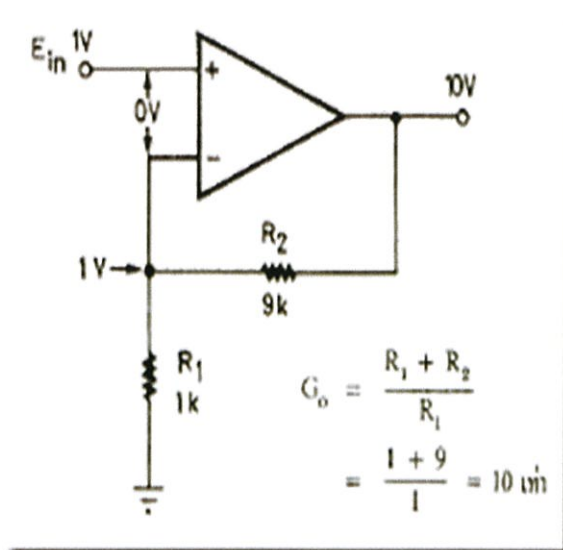
ดังนั้นเราควรเพิ่มมวลบริเวณปลายคานตั้งแต่ 1.733-2.733 N จึงเหมาะสมกับช่วงใช้งานที่ดีที่สุดของสปริง

4.2 การทดลองเพื่อวางแผนเตรียมปรับแต่งสัญญาณ

หาขนาดการสั่นมากที่สุดที่ 1 ความถี่

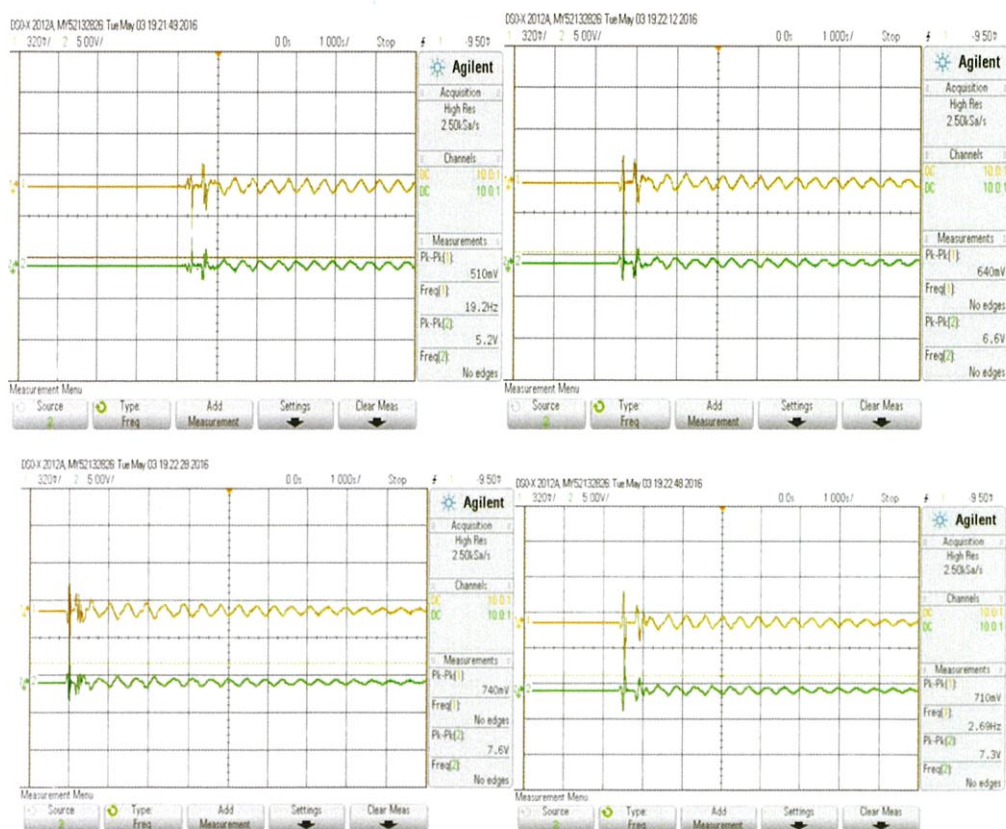


รูปที่ 4.4 สัญญาณoutputขนาดการสั่นมากที่สุดที่ 1 ความถี่



รูปที่ 4.5 วงจรขยาย Inverting Amplifier

หลังใช้วงจขยายขนาด 10 เท่า



รูปที่ 4.6 สัญญาณoutputหลังใช้วงจขยายขนาด 10 เท่า

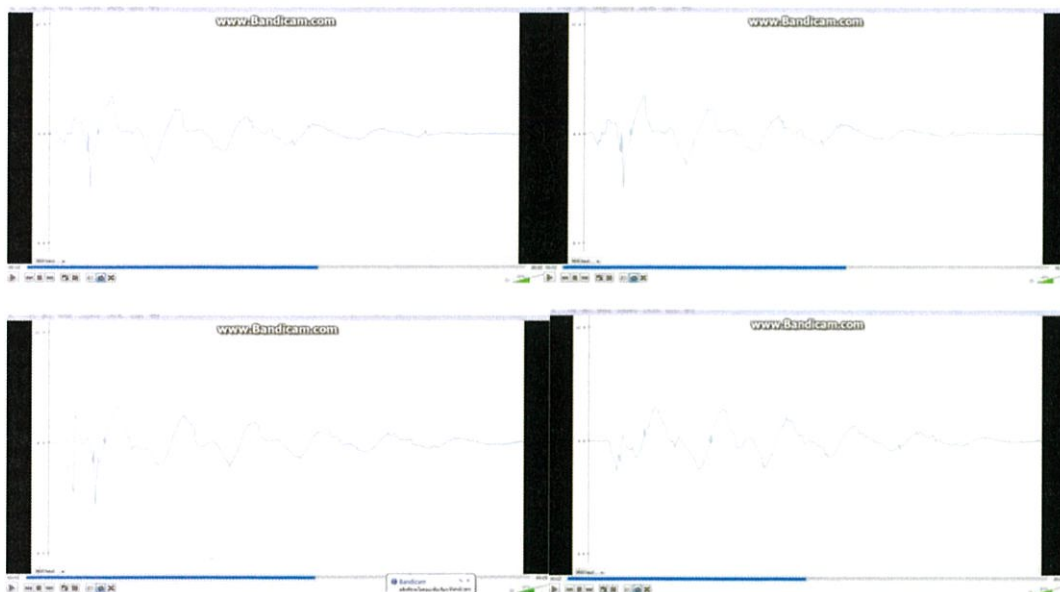
4.3 การทดสอบใช้งานของเครื่องมือ

การหาช่วงการใช้งานของของเครื่องมือ



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ต่อ A.U.(Time)

การหาค่าความเที่ยงตรง(Precision)ของเครื่องมือ



รูปที่ 4.8 สัญญาณ output ทางจอคอมพิวเตอร์ของเครื่องมือ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองหาค่า K ของสปริงมีค่าเท่ากับ 2.608 N/cm เพื่อให้เหมาะกับช่วงการใช้งานเหมาะสมที่สุดและหาความถี่ธรรมชาติของสปริงที่ใช้ในเครื่องมือการทดลองได้เพื่อหลีกเลี่ยงการสั่นเมื่อมวลคงที่ทำให้เกิดความถี่เรโซแนนซ์ไม่ให้เกิดการเสียหายต่อเครื่องมือ การทดลองหาค่าช่วงสัญญาณ ความถี่ต่ำสุดและสูงสุด เพื่อทดลองหาค่าอัตราการขยายสัญญาณที่เกิดขึ้น แล้วจะได้เลือกวงจรขยาย inverting Amplifier ได้ถูกให้ตรงตามอัตราส่วนที่ต้องการทำให้ได้สัญญาณที่ชัดเจนขึ้นซึ่งเป็นการปรับแต่งสัญญาณให้เหมาะสมก่อนจะนำเข้านำสัญญาณที่ได้เข้า Controller คือ Arduino Bord แล้วเขียนคำสั่งให้รับค่าจากวงจรขยายนั่นเพื่อแสดงผลบนหน้าจอบนคอมพิวเตอร์โดยขนาดการเกิดแผ่นดินไหวขึ้นอยู่กับ Amplitude ของกราฟ ส่วนช่วงสัญญาณของการเกิดแผ่นดินไหวขึ้นอยู่กับความถี่ของกราฟ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ก่อนทำการทดลองควรจัดอุปกรณ์ให้แนวคานทำมุมตั้งฉากกับฐานยึดสลิงแนวตั้งแนวน เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง
2. ในการทดลองบริเวณจุดหมุนของคานที่เคลื่อนที่อาจเกิดแรงเสียดทานดังนั้นเราควรแก้ไขโดยการใช้น้ำมันหล่อลื่นเพื่อลดแรงเสียดทานที่เกิดขึ้นได้
3. หากสปริงมีความยืดหยุ่นน้อยเราควรเพิ่มมวลบริเวณปลายสปริงตั้งแต่ $1.733\text{-}2.733 \text{ N}$

5.3 แนวทางพัฒนา

อาจจะทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือมากกว่านี้อาจพัฒนาโดยการหาวิธีเขียนคำสั่งรับค่าหรือหาโปรแกรมแสดงผล output ให้ดูง่ายเหมาะสมการเพิ่มฟังก์ชันเพิ่มมากขึ้นได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] บุรินทร์ เวชบันเทิง สำนักแผ่นดินไหว กรมอุตุนิยมวิทยา
- [2] Lay, Thorne and Wallace, C. Terry, 1995, Modern Global Seismology Retallack, B.J., 1970. pp.
9, 349
- [3] Bruce A Bolt , Causes of Earthquakes, Earthquake Engineering ,pp 21-43
- [4] Teddy Bourne ,Earthquake Vulnerbility for Cities(EVRC-3) module 2, session
1-4
- [5] <http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/709>

ภาคผนวก

LM741 Operational Amplifier

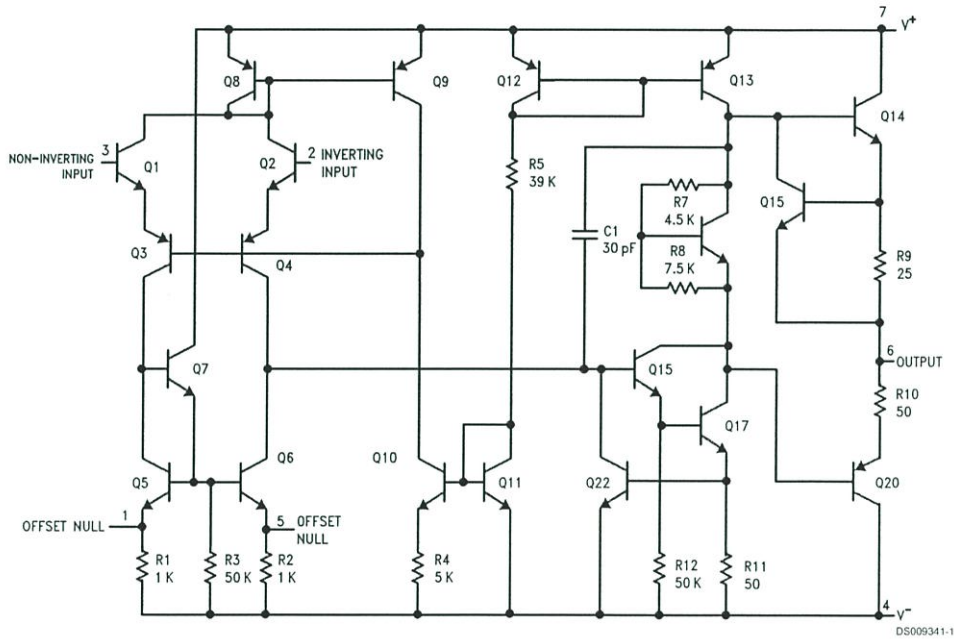
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

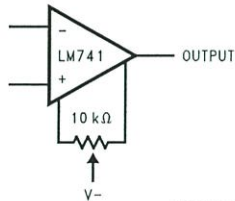
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



DS009341-7

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

(Note 6)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 2)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 3)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 7)	400V	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 4)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV mV
	Average Input Offset Voltage Drift			15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	μA
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									M Ω
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V

Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	32			25			15			V/mV V/mV
	$V_S = \pm 5\text{V}$, $V_O = \pm 2\text{V}$	10									V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16 ± 15									V V
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$	10	25	35		25			25		mA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10		40							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	80	95		70	90		70	90		dB dB
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $V_S = \pm 20\text{V}$ to $V_S = \pm 5\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	86	96		77	96		77	96		dB dB
Transient Response Rise Time Overshoot	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain		0.25	0.8		0.3			0.3		μs %
			6.0	20		5			5		
Bandwidth (Note 5)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$		80	150		50	85		50	85	mW mW
	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
LM741E	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			150 150							mW mW
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75				mW mW

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

Electrical Characteristics (Note 4) (Continued)

Note 2: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings") $T_j = T_A + (\theta_{JA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 3: For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

Note 4: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$.

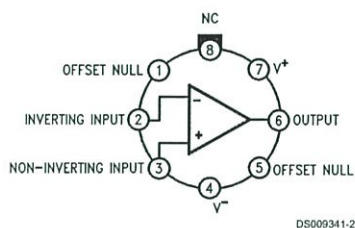
Note 5: Calculated value from: BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu s)$.

Note 6: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 7: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Connection Diagram

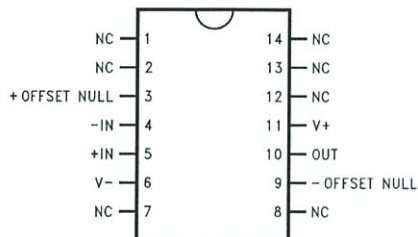
Metal Can Package



Note 8: LM741H is available per JM38510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 8), LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Ceramic Dual-In-Line Package

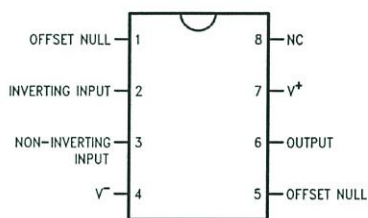


Note 9: also available per JM38510/10101

Note 10: also available per JM38510/10102

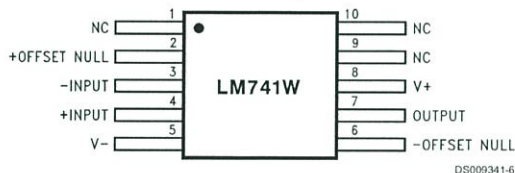
Order Number LM741J-14/883 (Note 9), LM741AJ-14/883 (Note 10)
See NS Package Number J14A

Dual-In-Line or S.O. Package



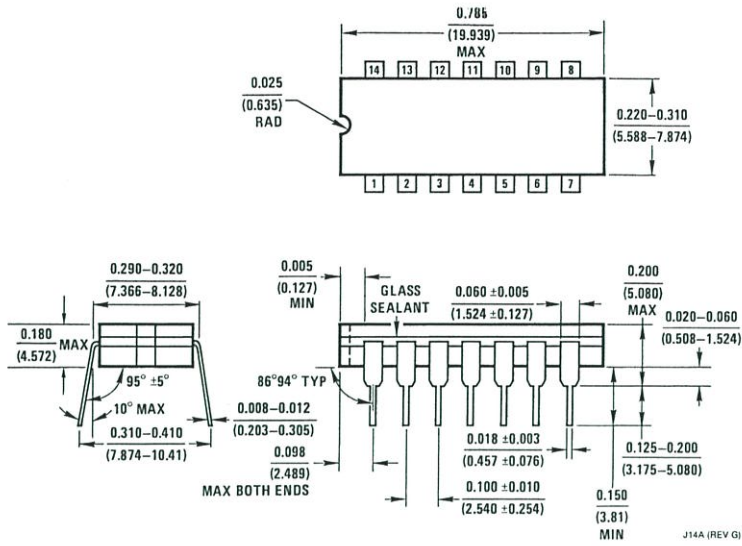
Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CM, LM741CN or LM741EN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

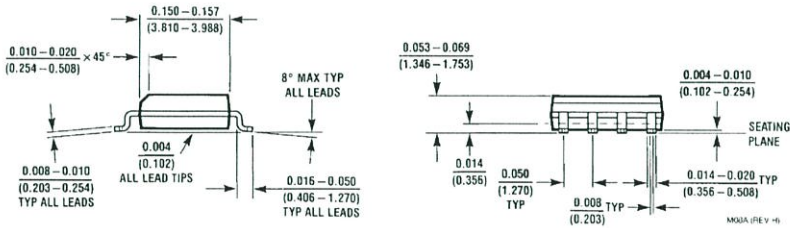
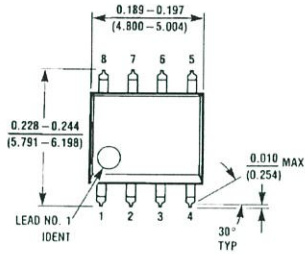


Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)

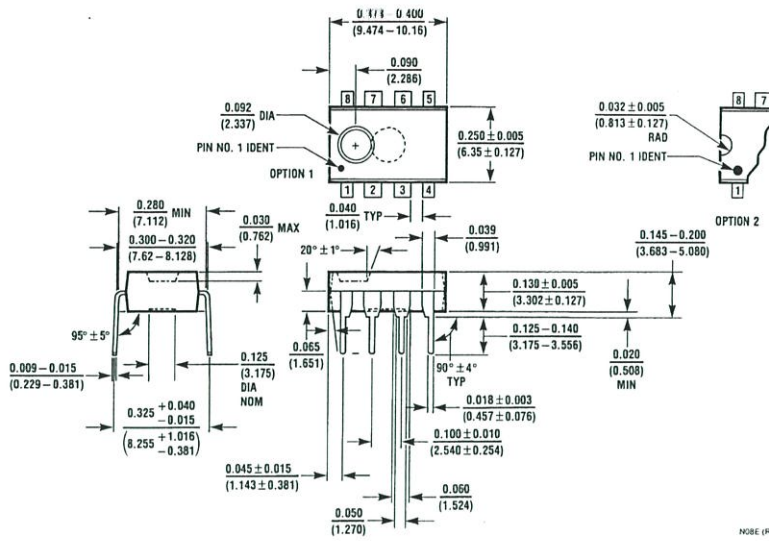


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LM741J-14/883 or LM741AJ-14/883
NS Package Number J14A



Small Outline Package (M)
Order Number LM741CM
NS Package Number M08A

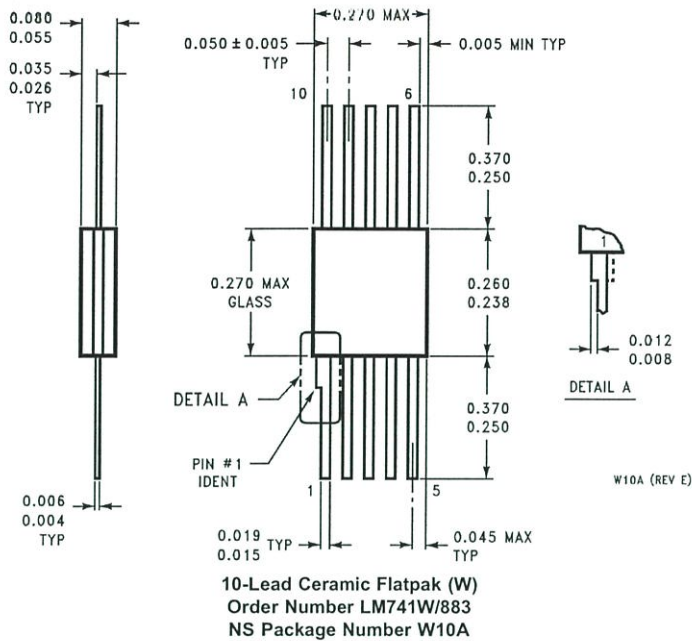
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)
Order Number LM741CN or LM741EN
NS Package Number N08E

N08E (REV F)

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
 Americas
 Tel: 1-800-272-9959
 Fax: 1-800-737-7018
 Email: support@nsc.com

National Semiconductor Europe
 Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
 Email: europe.support@nsc.com
 Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
 English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
 Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
 Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
 Tel: 65-2544466
 Fax: 65-2504466
 Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
 Tel: 81-3-5639-7560
 Fax: 81-3-5639-7507

www.national.com