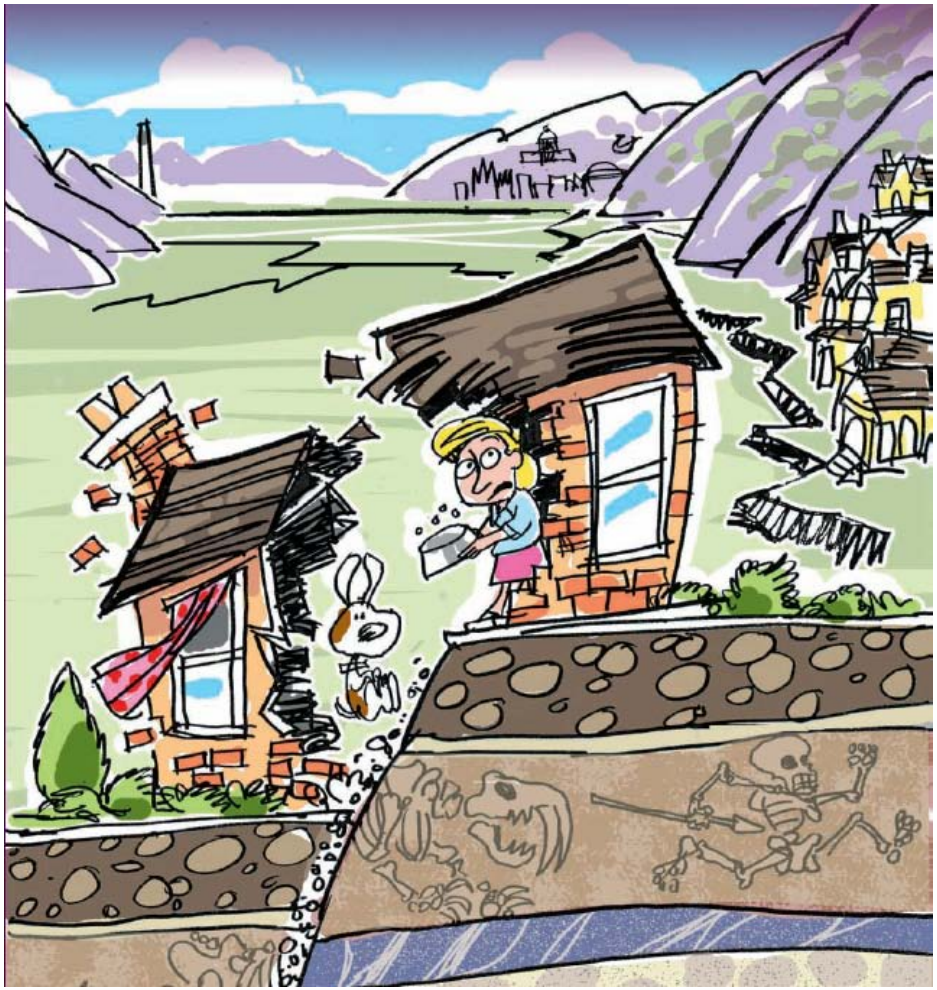


방재공학 – 지진재해

2013 Spring

김재민
전남대 해양토목공학과

I. Earthquake Characteristics

II. 한반도 지진발생 현황

III. 지진에 의한 피해 양상

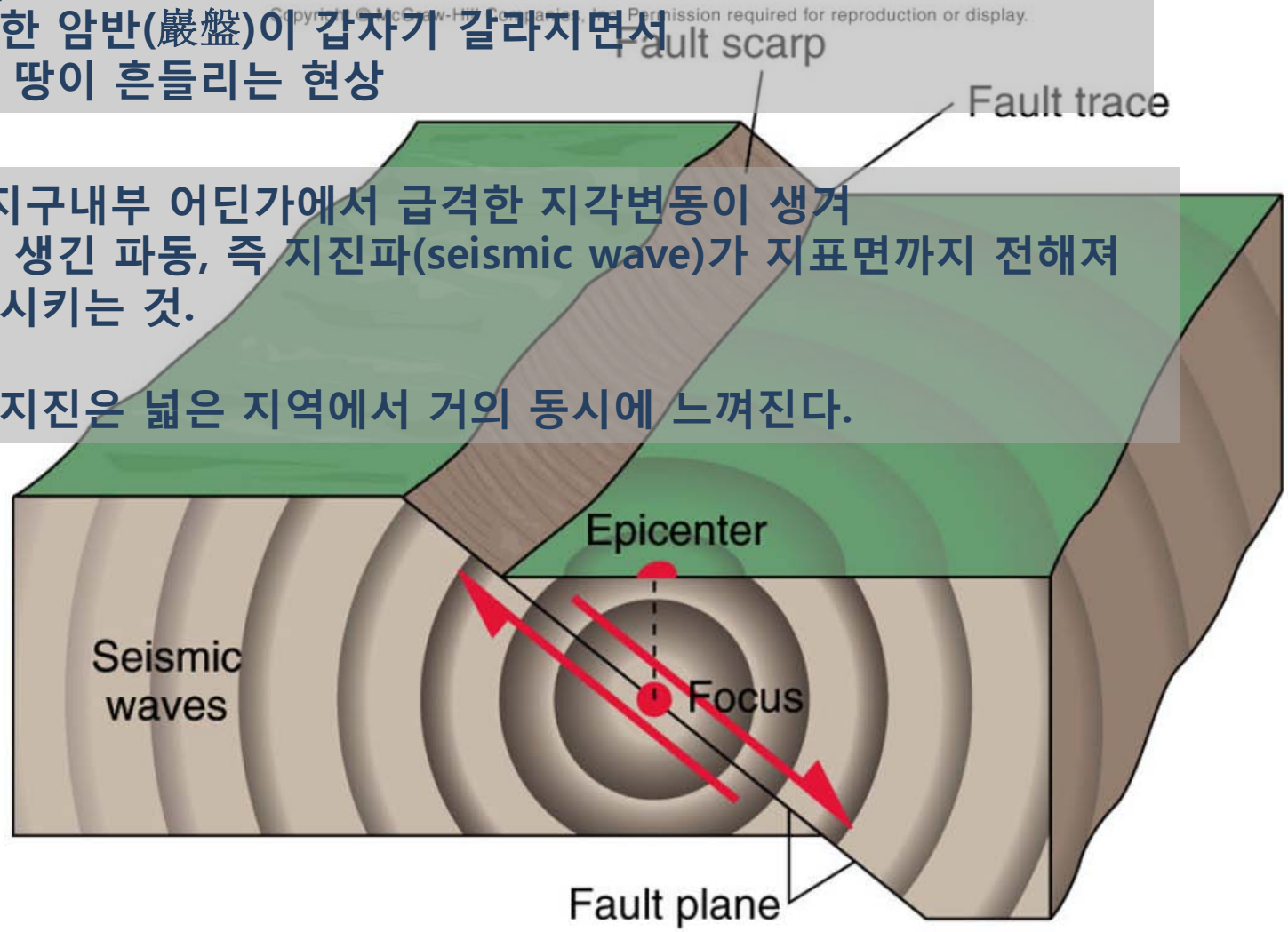
I. Earthquake Characteristics

1.1 지진이란?

지진(earthquake)이란 지구적인 힘에 의하여
땅속의 거대한 암반(巖盤)이 갑자기 갈라지면서
그 충격으로 땅이 흔들리는 현상

즉, 지진은 지구내부 어딘가에서 급격한 지각변동이 생겨
그 충격으로 생긴 파동, 즉 지진파(seismic wave)가 지표면까지 전해져
지반을 진동시키는 것.

일반적으로 지진은 넓은 지역에서 거의 동시에 느껴진다.



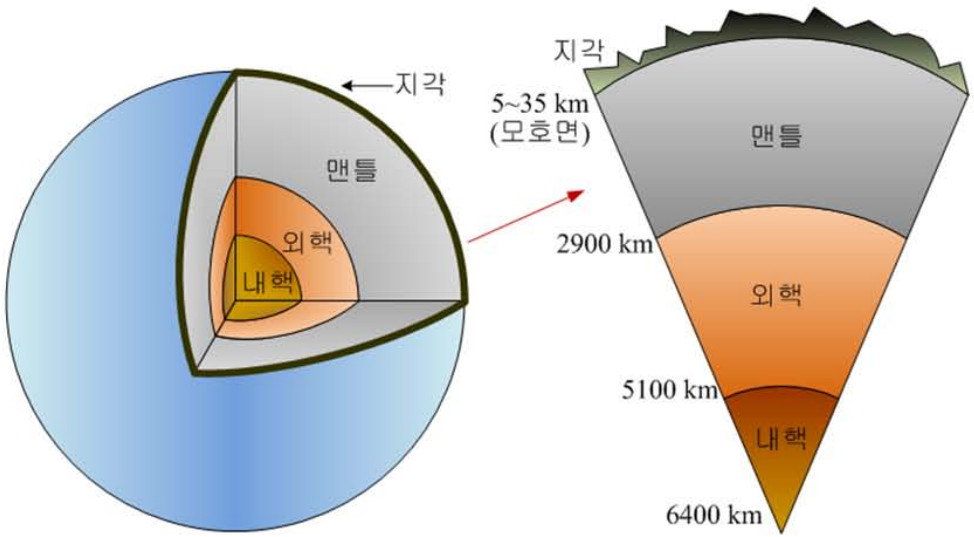
이 때 각 지역의 흔들림의 정도, 즉 진도(seismic intensity)를 조사해 보면 갈라짐이 발생한 땅속 바로 위의 지표, 즉 진앙(epicenter)에서 흔들림이 가장 세고 그 곳으로부터 멀어지면서 약하게 되어 어느 한계점을 지나면 느끼지 못하게 된다.

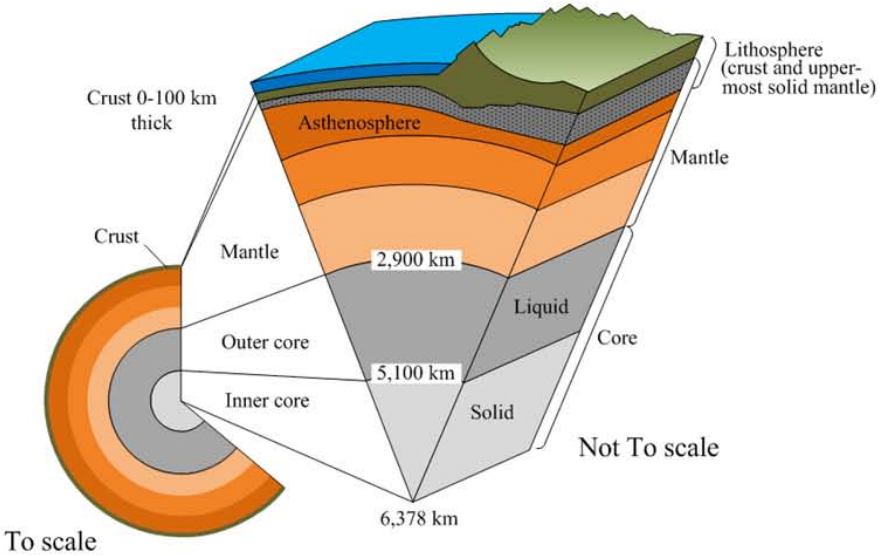
이것으로부터 흔들림이 가장 큰 장소 부근의 땅속에서 어떤 급격한 변동이 발생하여 그 것에 의한 진동이 사방으로 전해져 여러 지역을 흔드는 것이라 볼 수 있다.

이것은 마치 종을 쳤을 때 사방으로 울려 퍼지는 음파와 같은 성질을 갖고 있다.

1.2 지진의 원인

암석권(lithosphere)





암석권(lithosphere)은 지표에서 100km 정도 두께의 딱딱한 층이며

그 밑에는 암석권에 비해 덜 딱딱하고 온도도 높아
쉽게 변형될 수 있는 층이 존재하는데(상부맨틀)

지진이 일어날 수 있는 깊이의 한계는
여기까지로 지표로부터 약 700km의 깊이이다.

지진의 직접적인 원인은 암석권에 있는 판(plate)의 움직임이다.

이러한 움직임이 직접 지진을 일으키기도 하고
다른 형태의 지진 에너지원을 제공하기도 한다.

판을 움직이는 힘은 다양한 형태로 나타나는데,
침강지역에서 판이 암석권 밑의 상부맨틀에 비해 차고 무겁기 때문에
이를 뚫고 들어가려는 힘, 상부 맨틀 밑에서 판이 상승하여 분리되거나 좌우로
넓어지려는 힘, 지구내부의 열대류에 의해 상부맨틀이 판의 밑부분을 끌고
이동하는 힘 등이라고 생각할 수 있으나,

이것들이 어느 정도의 비율로 작용하는지는 정확히 알 수는 없다.

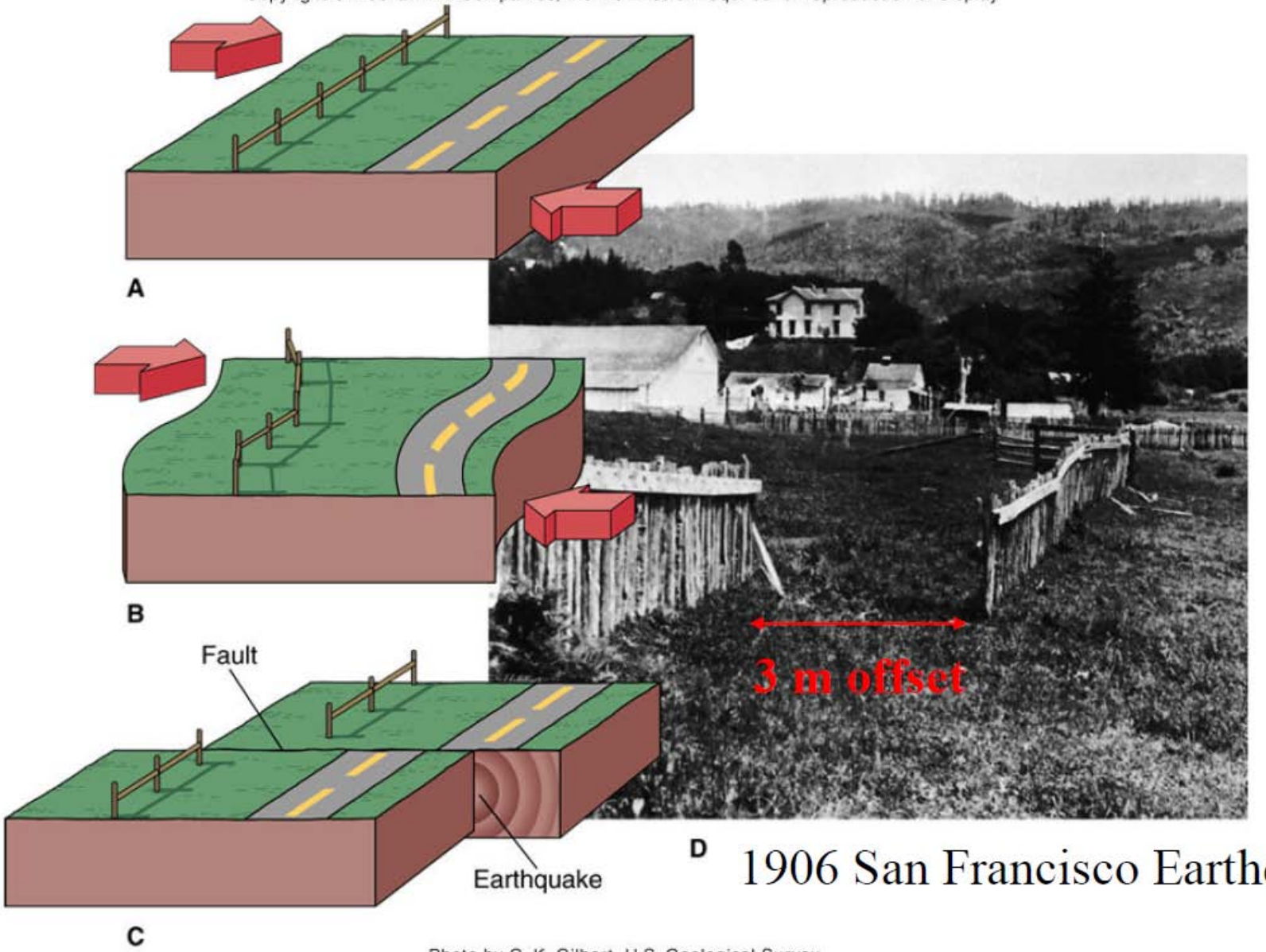
지진발생의 원인에 대한 학설은 여러 가지가 있으나 대표적 학설은 다음과 같다.

가. 탄성반발설(Elastic Rebound Theory)

이것은 지면에 기존의 단층이 존재한다고 가정하고
이 단층에 가해지고 있는 힘(탄성력)에 어느 부분이 견딜 수 없게 되는 순간
급격한 파괴를 일으켜 지진이 발생한다는 것

Elastic Rebound Theory

Copyright © McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



1906 San Francisco Earthquake

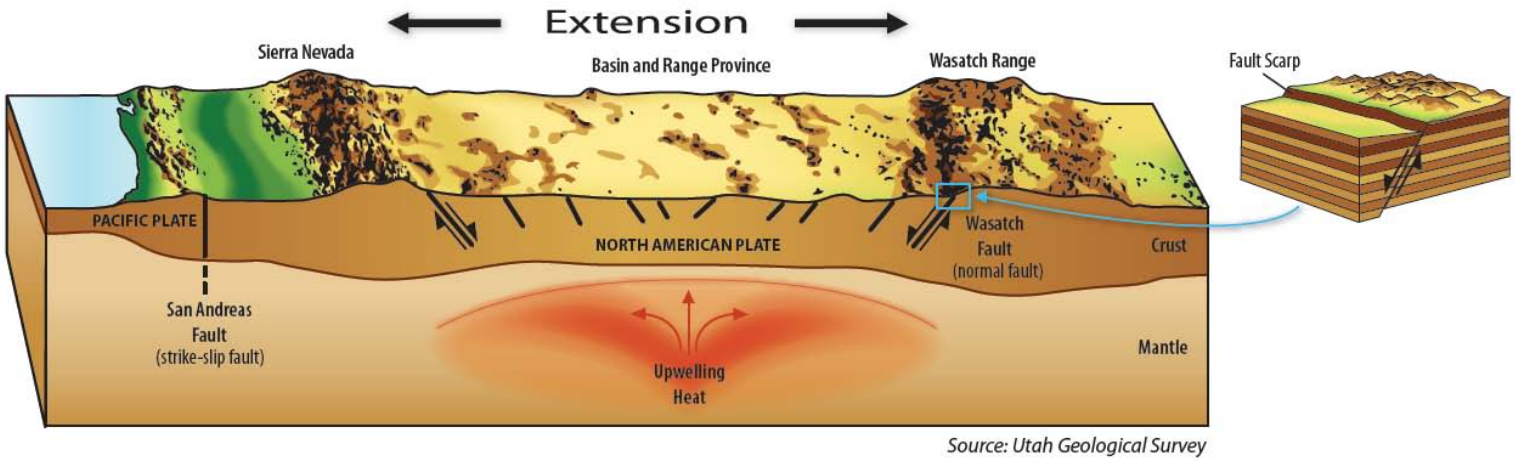
Photo by G. K. Gilbert, U.S. Geological Survey

Offset Lettuce Rows - El Centro, CA

Copyright © McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Photo by Univ. of Colorado; courtesy National Geophysical Data Center, Boulder, CO

나. 판구조론(Plate Tectonics)



Source: Utah Geological Survey

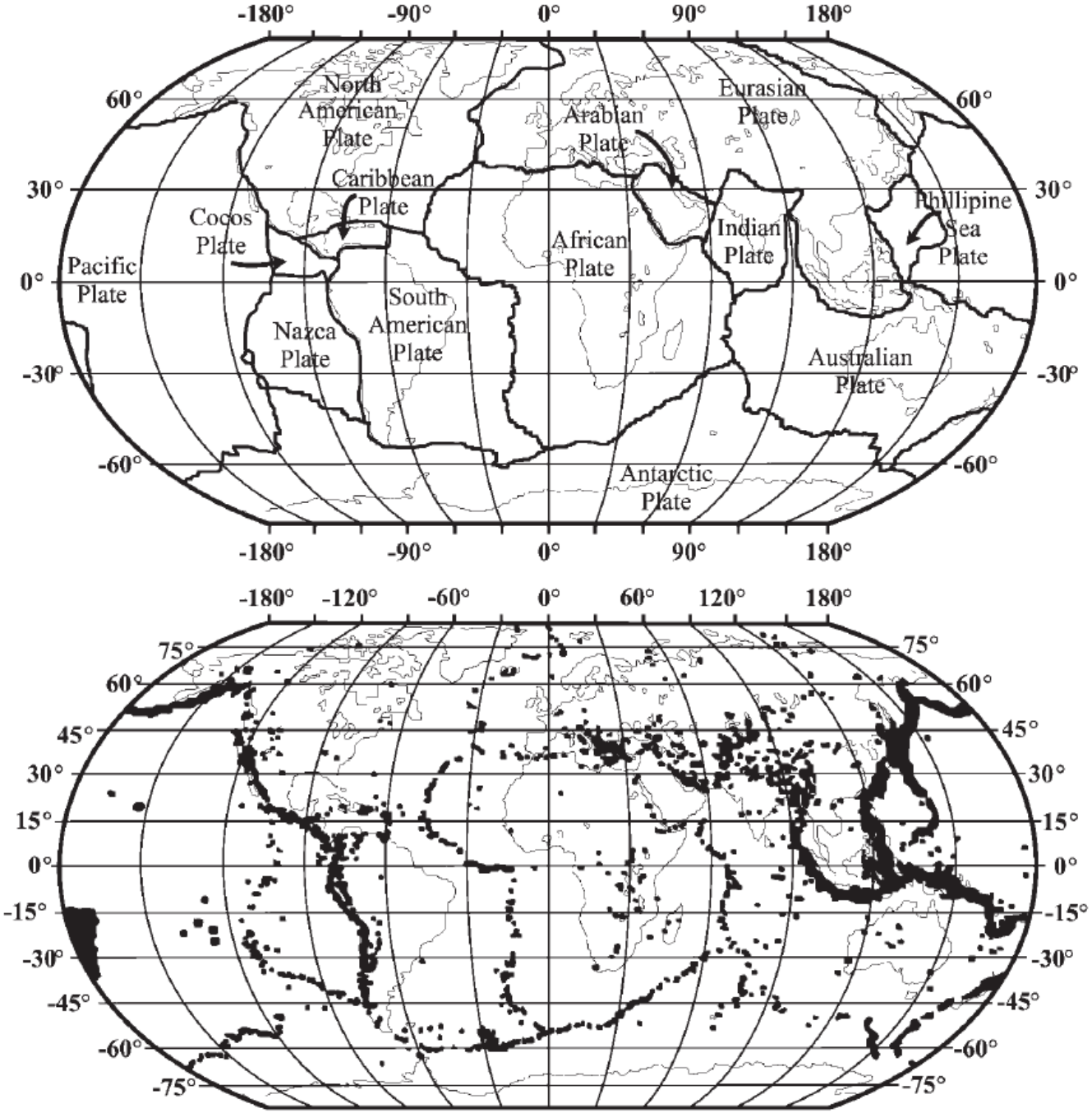


Figure 1.2 Tectonic plates (*top*) and worldwide earthquake distribution (*bottom*)

世界の震源分布 (2010年版)

東京大学 地震研究所

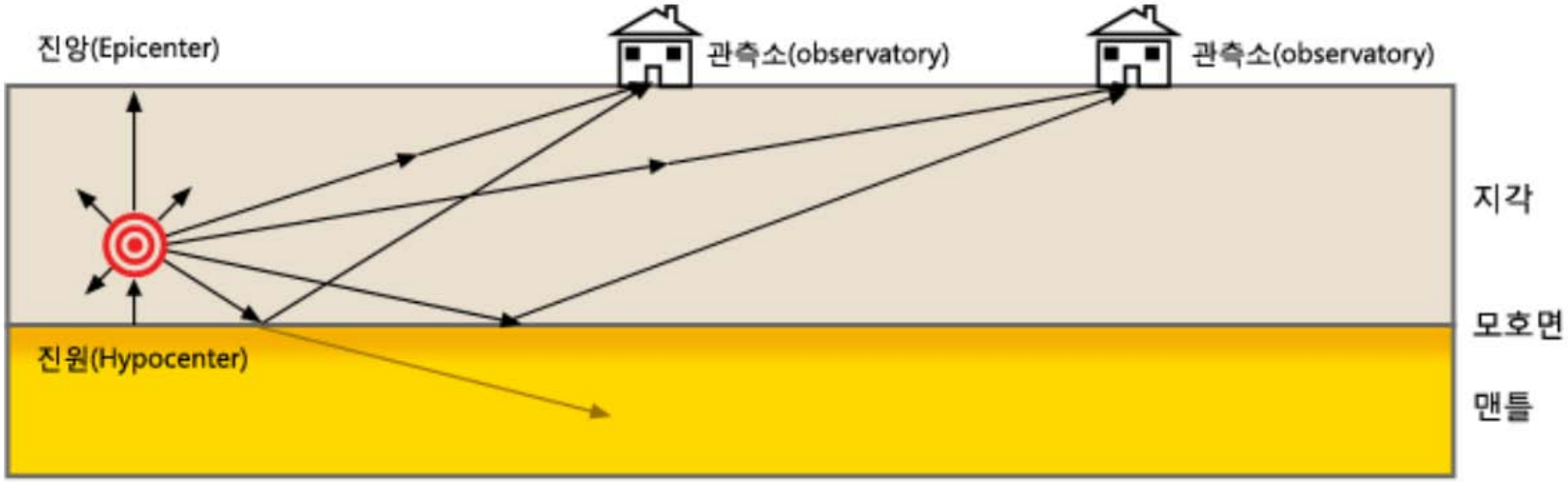
マグニチュードは理科年表による

1.3 지진의 요소

가. 진원시(Origin time)

지진파가 처음 발생한 시각이 바로 진원시이다.

나. 진원(Hypocenter)과 진앙(Epicenter)



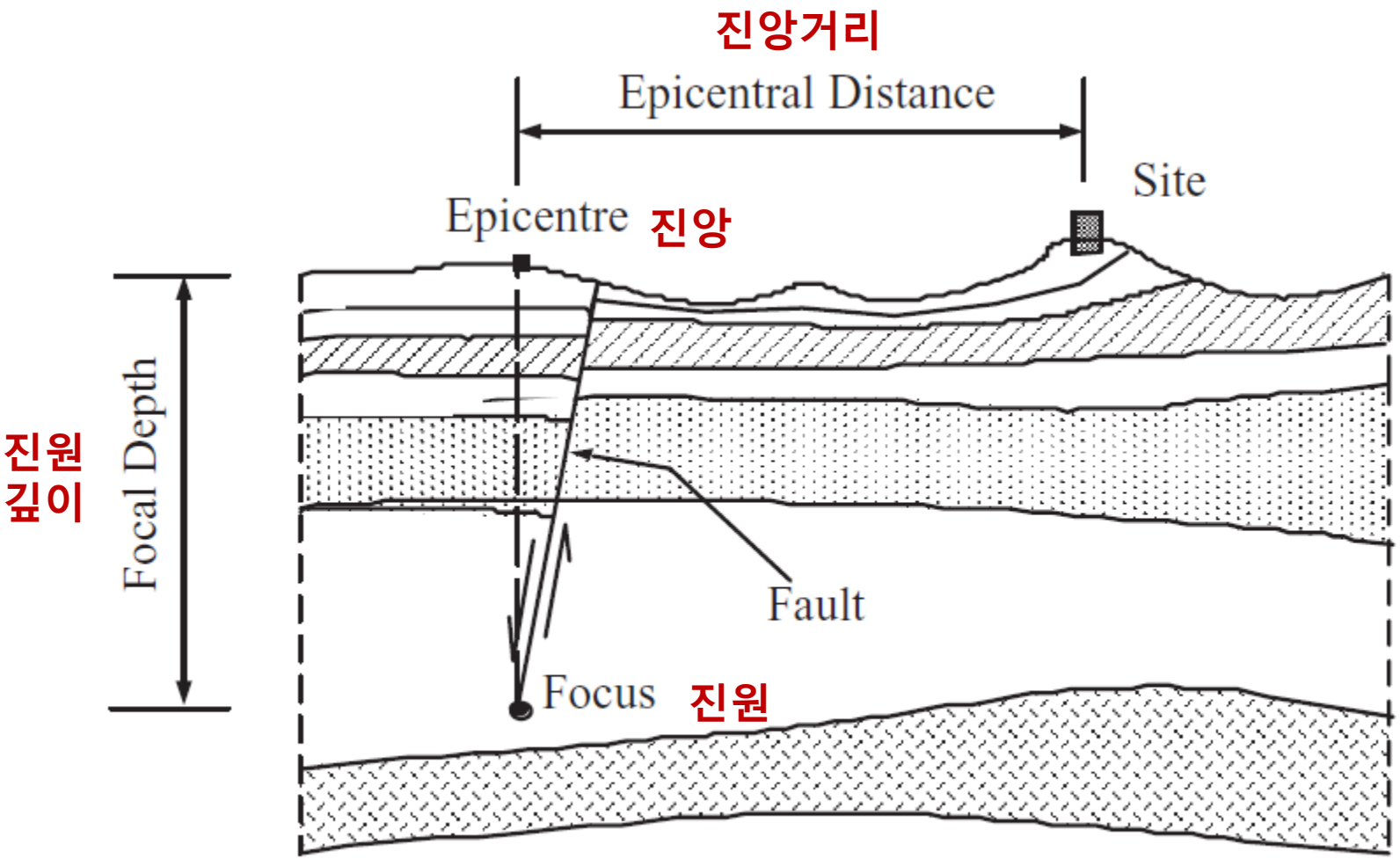
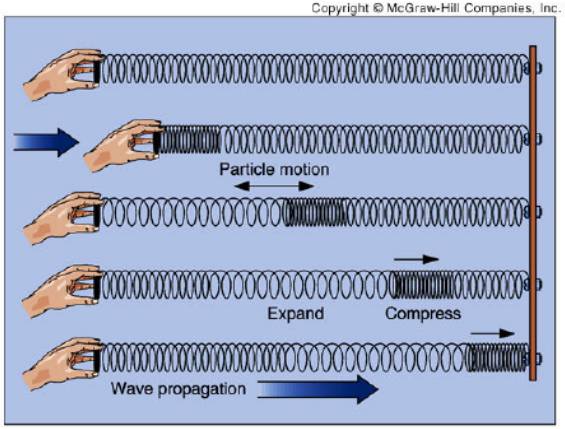


Figure 1.8 Definition of source parameters

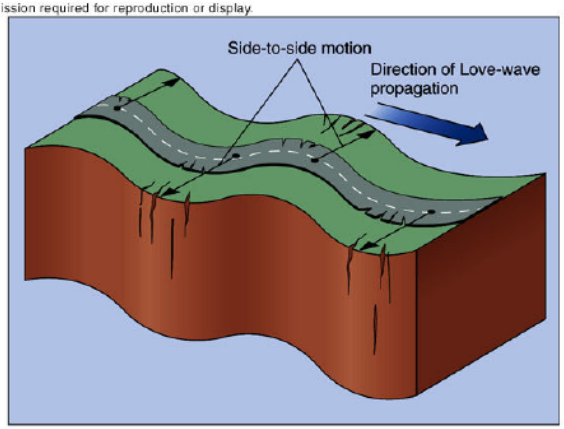
지진파의 전달

Seismic Wave Types

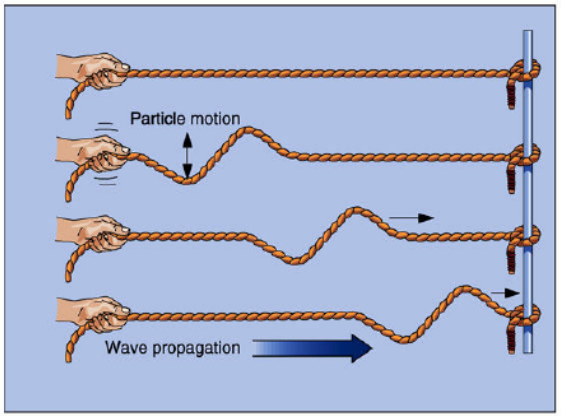
Copyright © McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



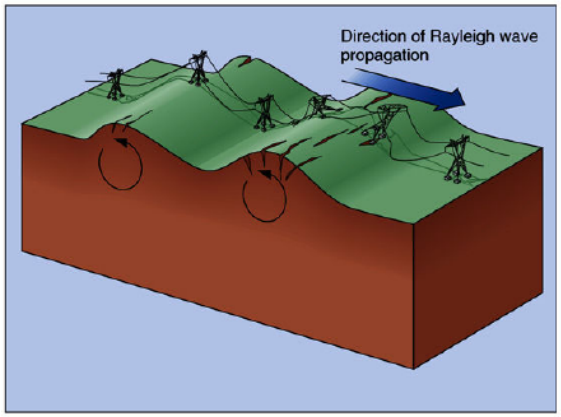
A Primary wave



C Love wave



B Secondary wave

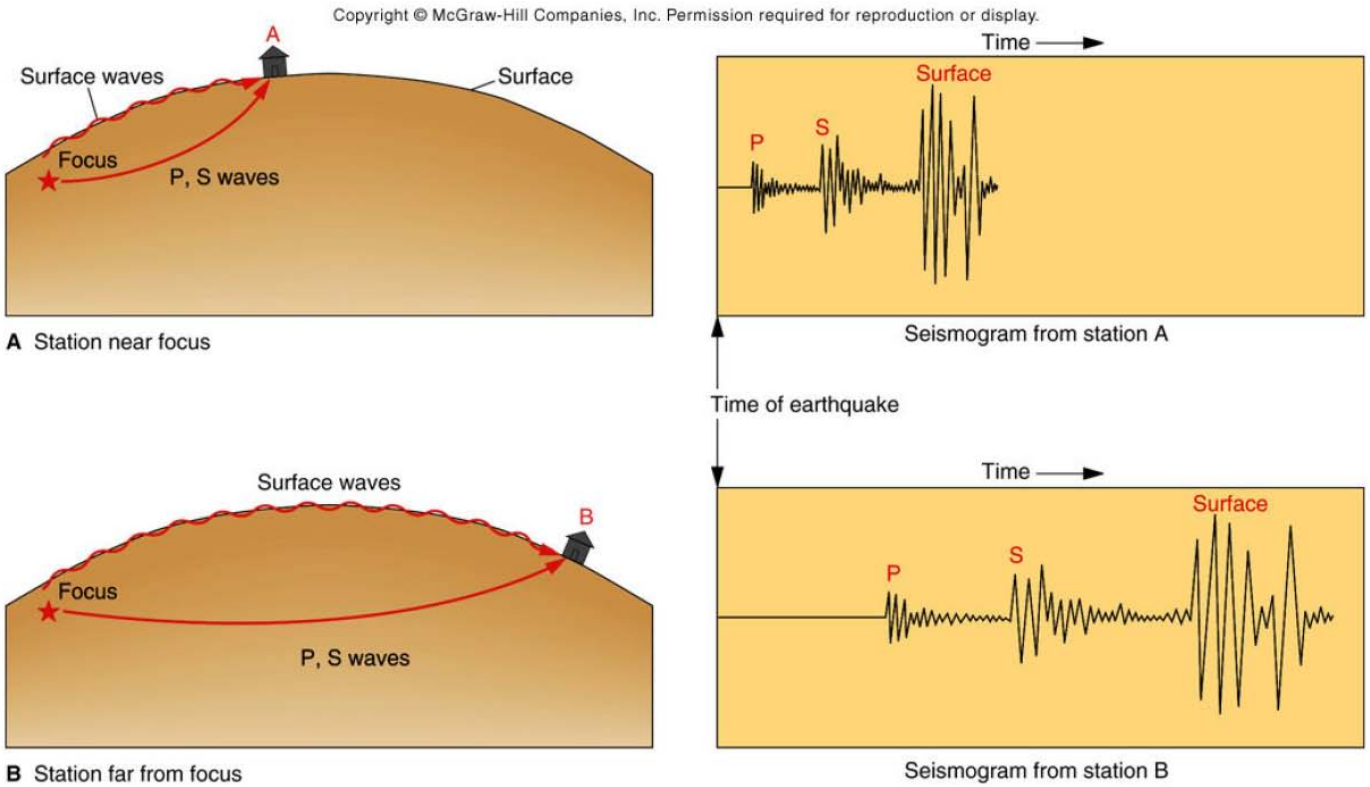


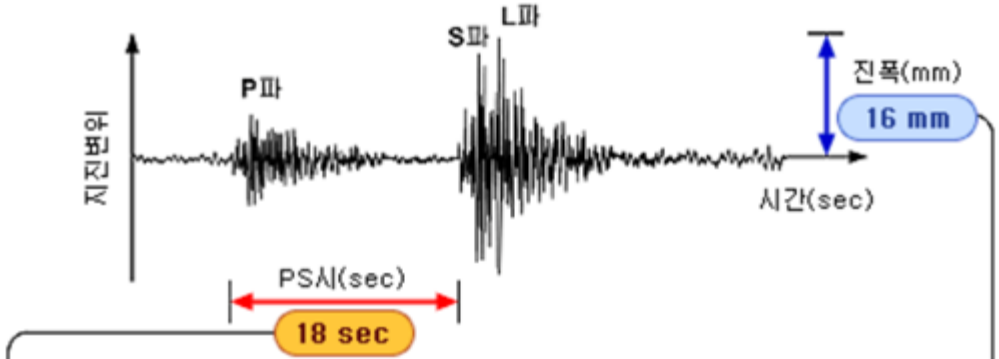
D Rayleigh wave

Body Waves

Surface Waves

Distance - Time Relations





지진의 크기를 대표하는 수치로는 절대적 개념의 **'규모'**와
상대적 개념의 **'진도'**라는 용어가 사용되고 있다.

(1) 규모(Magnitude)

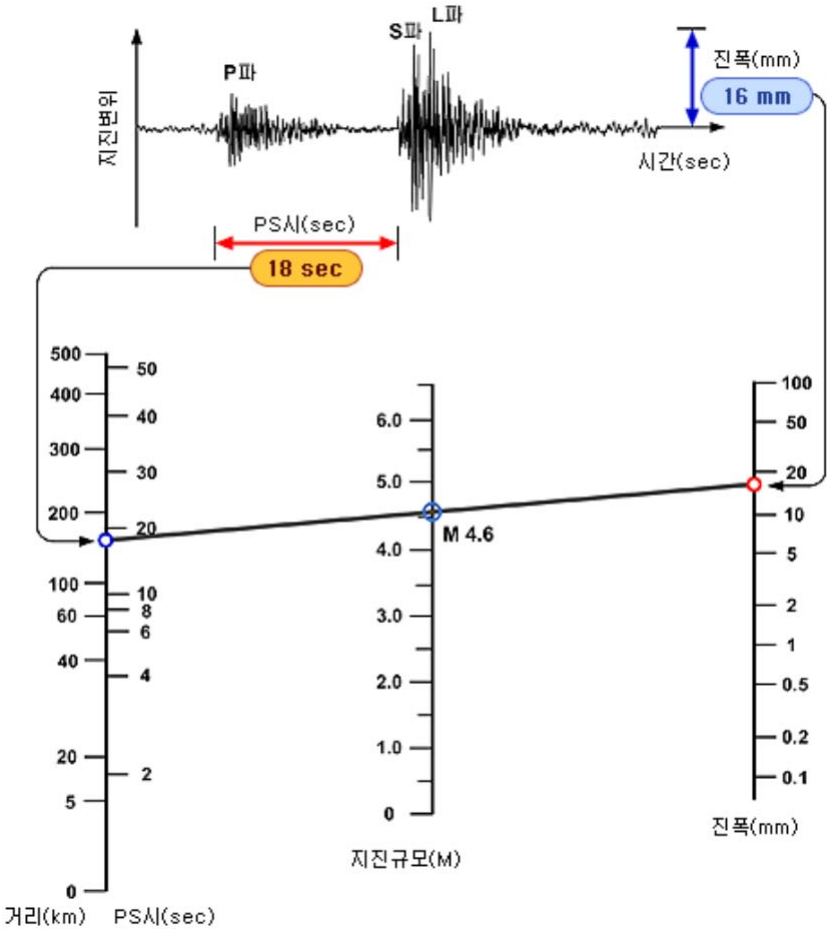
규모란 지진발생시 그 자체의 **크기를 정량적으로 나타내는 양으로서 진동에너지**에 해당한다. 이는 계측관측에 의하여 계산된 객관적 지수이며 지진계에 기록된 지진파의 진폭과 발생지점까지의 진앙거리를 이용하여 계산한다.

예를 들어 M 5.0 이라고 표현할 때 M은 Magnitude를 의미하고 수치는 보통 소수 첫째 자리까지 나타낸다.

지진규모의 개념을 처음으로 도입한 사람은 미국의 지진학자 C. F. Richter인데 그는 미국 남부 캘리포니아지역에서 발생한 국지지진(local earthquake)의 크기를 정량화하면서 규모의 개념을 도입하였다. 그 후로 그의 이름을 따라 국지규모를 Richter scale이라고도 한다.

한국의 기상청에서는 일본에서 개발된 **진앙거리(R, km)**와 **지반운동의 최대수평성분(A, 남북/동서 방향 최대속도성분의 벡터합)**을 이용하여 규모를 결정한다.

$$M = 1.73 \log R + \log A - 0.73$$



리히터 규모의 결정방법

지진파에너지 E와 규모 M과의 관계는 다음과 같이 나타내는 것이 보통이다 (Gutenberg와 Richter).

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

$$\Rightarrow \quad E = 10^{(11.8+1.5M)}$$

$$E_{(M=1)} = 10^{(11.8+1.5\times 1)} = 10^{13.3}$$

$$E_{(M=2)} = 10^{(11.8+1.5\times 2)} = 10^{14.8}$$

$$\frac{E_{(M=2)}}{E_{(M=1)}} = \frac{10^{14.8}}{10^{13.3}} = 10^{1.5} = 31.623 \approx 32$$

국내 설계지진 규모(M=6.5)와 동일본지진(M=9)의 에너지 차이는?

$$\frac{E_{(M=9.0)}}{E_{(M=6.5)}} = \frac{10^{11.8+(1.5)(9)}}{10^{11.8+(1.5)(6.5)}} \doteq 5623.4$$

참고로 히로시마 원폭(20kton)의 경우 8.4x10^{2}의 에너지를 가져 M6.1의 지진에 해당한다.

(2) 진도(Intensity)

진도는 **어떤 장소에** 나타난 **지진동의 세기**를 사람의 느낌이나 주변의 물체 또는 구조물의 흔들림 정도를 수치로 표현한 것으로 정해진 설문을 기준으로 계급화한 척도이다.

그렇지만 지금은 계측기에 의해서 직접 관측한 값을 진도 값으로 채용하는 경우도 많다.

진도는 지진의 규모와 진앙거리, 진원깊이에 따라 크게 좌우될 뿐만 아니라 그 지역의 지질구조와 구조물의 형태 및 인원현황에 따라 달리 평가될 수 있다.

따라서 규모와 진도는 1대1 대응이 성립하지 않으며 하나의 지진에 대하여 여러 지역에서의 규모는 동일수치이나 진도 계급은 달라질 수 있다.

진도는 계급값을 쓰는 대신 가속도단위(cm/sec^2)로 나타내기도 하고, 중력가속도 $1g=980cm/sec^2$를 사용하기도 한다.
또, **cm/sec^2는 gal로 표시**하며 1g=980gal이라고도 쓴다.

진도계급은 세계적으로 통일되어 있지 않으며
나라마다 실정에 맞는 척도를 채택하고 있다.

기상청은 과거 일본 기상청계급(JMA Scale : 1949)을 사용하여 왔으나 2001년 1월 1일부터는 미국에서 시작되어 여러 나라가 사용하는 MMI scale (Modified Mercalli scale : 1931, 1956)을 사용한다(표 1-1).

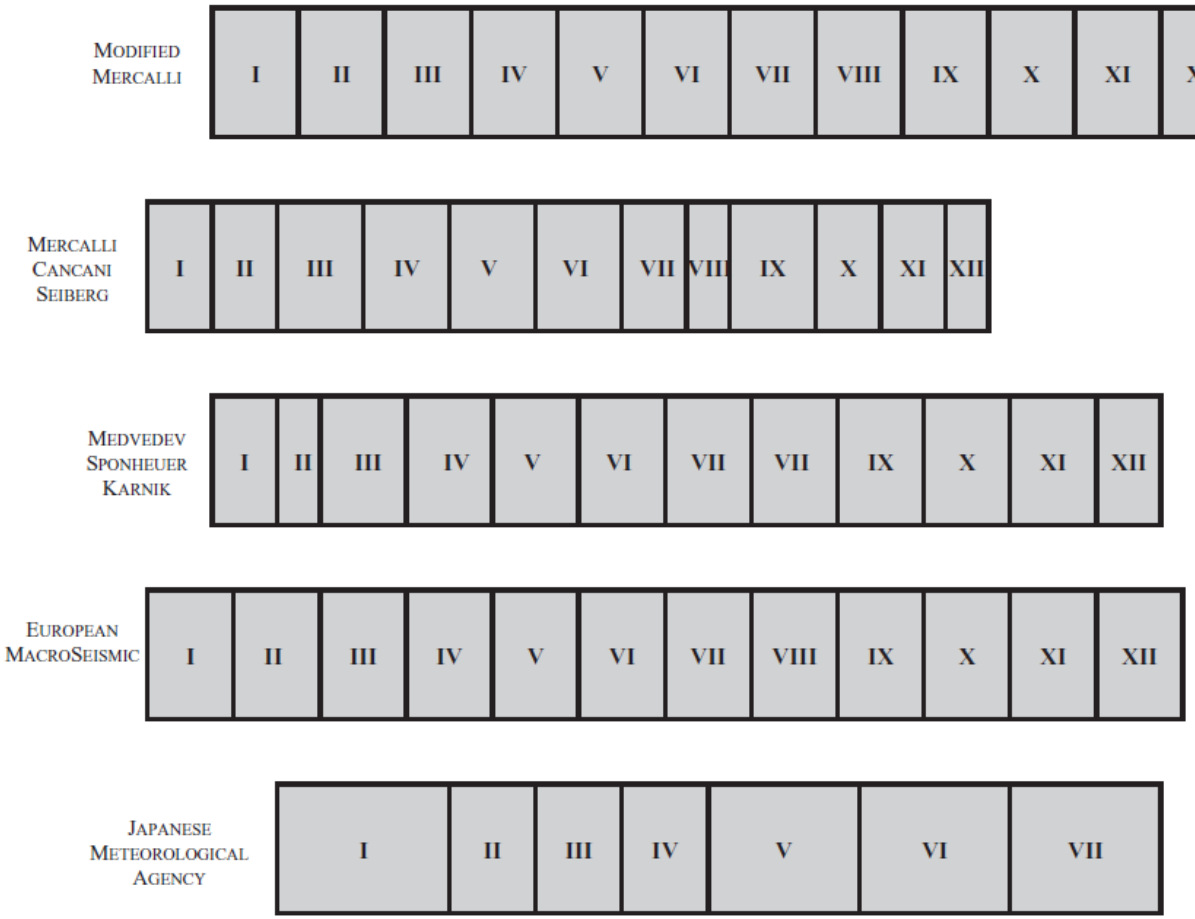


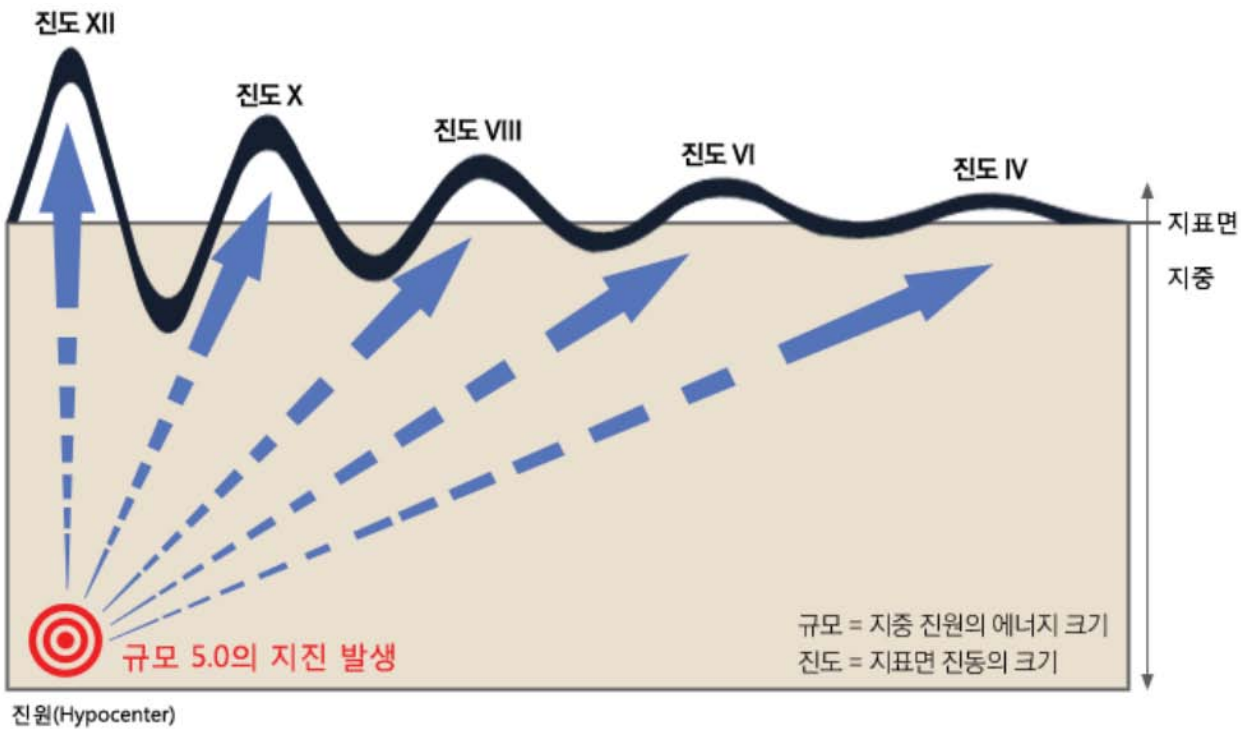
Figure 1.13 Comparison between seismic intensity scales

<표 1-1> MMI(수정머켈리) 진도등급표

I		특별히 좋은 상태에서 극소수의 사람을 제외하고는 전혀 느낄 수 없다. 지진계에만 감지되는 경우가 많다.
II		소수의 사람들, 특히 건물의 윗 층에 있는 소수의 사람들에 의해서만 느낀다. 매달린 물체가 약하게 흔들린다.
III		실내에서 현저하게 느끼게 되는데, 특히 건물의 윗 층에 있는 사람에게 더욱 그렇다. 그러나 많은 사람들이 지진이라고 인식하지 못한다. 정지하고 있는 차는 약간 흔들린다. 트럭이 지나가는 것과 같은 진동이 있고, 지속시간이 산출된다.
IV	0.015g ~ 0.02g	낮에는 실내에 서 있는 많은 사람들이 느낄 수 있으나, 실외에서는 거의 느낄 수 없다. 밤에는 일부 사람들이 잠을 깬다. 그릇, 창문, 문 등이 소리를 내며, 벽이 갈라지는 소리를 낸다. 대형 트럭이 벽을 받는 느낌을 준다. 정지하고 있는 자동차가 뚜렷하게 움직인다.
V	0.03g ~ 0.04g	거의 모든 사람들이 지진동을 느낀다. 많은 사람들이 잠을 깬다. 그릇, 창문 등이 깨어지기도 하며, 어떤 곳에서는 회반죽에 금이 간다. 불안정한 물체는 넘어 진다. 나무, 전신주 등 높은 물체가 심하게 흔들린다. 추시계가 멈추기도 한다.
VI	0.06g ~ 0.07g	모든 사람들이 느낀다. 많은 사람들이 놀라서 밖으로 뛰어나간다. 무거운 가구가 움직이기도 한다. 벽의 석회가 떨어지기도 하며, 피해를 입는 굴뚝도 일부 있다.
VII	**0.10g ~ 0.15g**	**모든 사람들이 밖으로 뛰어 나온다. 설계 및 건축이 잘 된 건물에서는 피해가 무시할 수 있는 정도이지만, 보통 건축물에서는 약간의 피해가 발생한다. 설계 및 건축이 잘못된 부실건축물에서는 상당한 피해가 발생한다. 굴뚝이 무너지며 운전 중인 사람들도 지진동을 느낄 수 있다.**
VIII	**0.25g ~ 0.30g**	**특별히 설계된 구조물에는 약간의 피해가 있고, 일반 건축물에서는 부분적인 붕괴와 더불어 상당한 피해를 일으키며, 부실 건축물에서는 아주 심하게 피해를 준다. 창틀로부터 창문이 떨어져 나간다. 굴뚝, 공장 물품더미, 기둥, 기념비, 벽들이 무너진다. 무거운 가구가 넘어진다. 모래와 진흙이 약간 분출된다. 우물물의 변화가 있다. 차량운행 하기가 어렵다.**
IX	0.50g ~ 0.55g	특별히 잘 설계된 구조물에도 상당한 피해를 준다. 잘 설계된 구조물의 골조가 기울어진다. 구조물에 부분적 붕괴와 함께 큰 피해를 준다. 건축물이 기초에서 벗어난다. 지표면에 선명한 금자국이 생긴다. 지하 송수관도 파괴된다.
X	0.60g 이상	잘 지어진 목조 구조물이 부서지기도 하며, 대부분의 석조 건물과 그 구조물이 기초와 함께 무너진다. 지표면이 심하게 갈라진다. 기차 선로가 휘어진다. 강둑이나 경사면에서 산사태가 발생하며, 모래와 진흙이 이동한다. 물이 튀며, 둑을 넘어 흘러내린다.
XI		남아 있는 석조 구조물은 거의 없다. 다리가 부서지고 지표면에 심한 균열이 생긴다. 지하 송수관이 완전히 파괴된다. 지표면이 침하하며, 연약 지반에서는 땅이 꺼지고 지면이 어긋난다. 기차선로가 심하게 휘어진다.
XII		전면적인 피해 발생. 지표면에 파동이 보인다. 시야와 수평면이 뒤틀린다. 물체가 공중으로 튀어 나간다.

※ 국제적으로 '규모'는 소수 첫째 자리의 아라비아 숫자로 표기하고 '진도'는 정수단위의 로마 숫자로 표기하는 것이 관례이다. (ex. 규모 5.6, 진도 IV)

(3) 진도(Intensity)와 규모(Magnitude)의 관계



<표 1-2> 중력가속도(g), 리히터 규모, JMA 및 MMI 진도의 상관관계

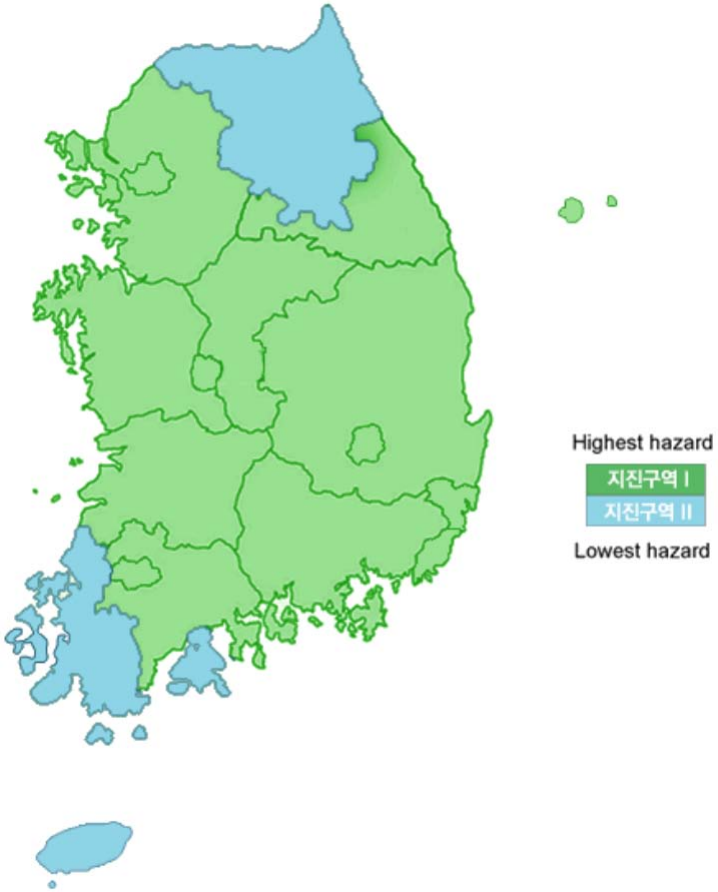
<table>
<tr><th>가속도계수 (g)</th><th>리히터 규모</th><th>일본기상청 진도계급 (JMA)</th><th>MMI</th></tr>
<tr><td rowspan="2">0.0008 ~ 0.002</td><td>2</td><td rowspan="2">1</td><td rowspan="5">1 ~ 3</td></tr>
<tr><td>3</td></tr>
<tr><td>0.002 ~ 0.008</td><td rowspan="4">4</td><td>2</td></tr>
<tr><td>0.008 ~ 0.015</td><td rowspan="3">3</td></tr>
<tr><td>0.015 ~ 0.020</td><td rowspan="3">4</td></tr>
<tr><td>0.020 ~ 0.025</td></tr>
<tr><td>0.025 ~ 0.030</td><td rowspan="6">5</td><td rowspan="5">4</td></tr>
<tr><td>0.030 ~ 0.040</td><td rowspan="2">5</td></tr>
<tr><td>0.040 ~ 0.060</td></tr>
<tr><td>0.060 ~ 0.070</td><td rowspan="3">6</td></tr>
<tr><td>0.070 ~ 0.080</td></tr>
<tr><td>0.080 ~ 0.100</td><td rowspan="4">5</td></tr>
<tr><td>0.100 ~ 0.150</td><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">7</td></tr>
<tr><td>0.150 ~ 0.250</td></tr>
<tr><td>0.250 ~ 0.300</td><td rowspan="2">7</td><td rowspan="2">6</td><td rowspan="3">8</td></tr>
<tr><td>0.300 ~ 0.400</td></tr>
<tr><td>0.400 ~ 0.500</td><td>8</td><td>7</td></tr>
<tr><td>0.500 ~ 0.550</td><td>-</td><td>-</td><td rowspan="2">9</td></tr>
<tr><td>0.550 ~ 0.600</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>0.600 이상</td><td>-</td><td>-</td><td>10 ~ 12</td></tr>
</table>

(4) 지진구역도

지반운동 가속도를 반복적으로 측정하여 각 지역의 지진위험수준을 보여주는 지도를 작성할 수 있다. 이러한 지도를 지진 구역도(Seismic Zone Map) 또는 지진 위험도(Seismic Risk Map)라 한다. 지진 구역도 위에 표시된 등급이 높을수록 지반운동 가속도와 지진 위험수준이 높음을 뜻한다.

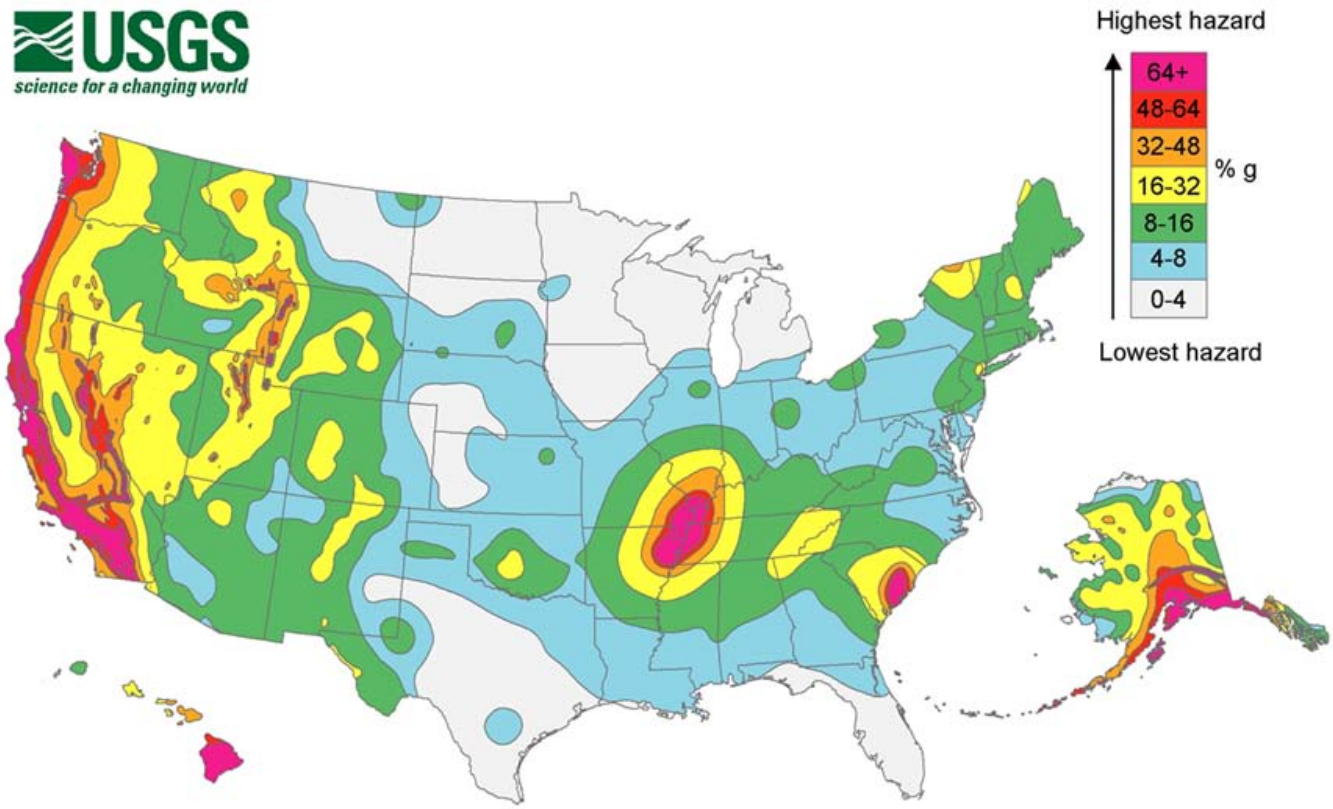
우리나라의 지진구역은 강하고 약한 2등급(지진구역 I, 지진구역 II)으로 구분한다.

보다 많은 곳에 지반운동 가속도 측정기를 설치하여 많은 자료가 축적되면 정밀한 지진구역도를 작성할 수 있을 것이다.

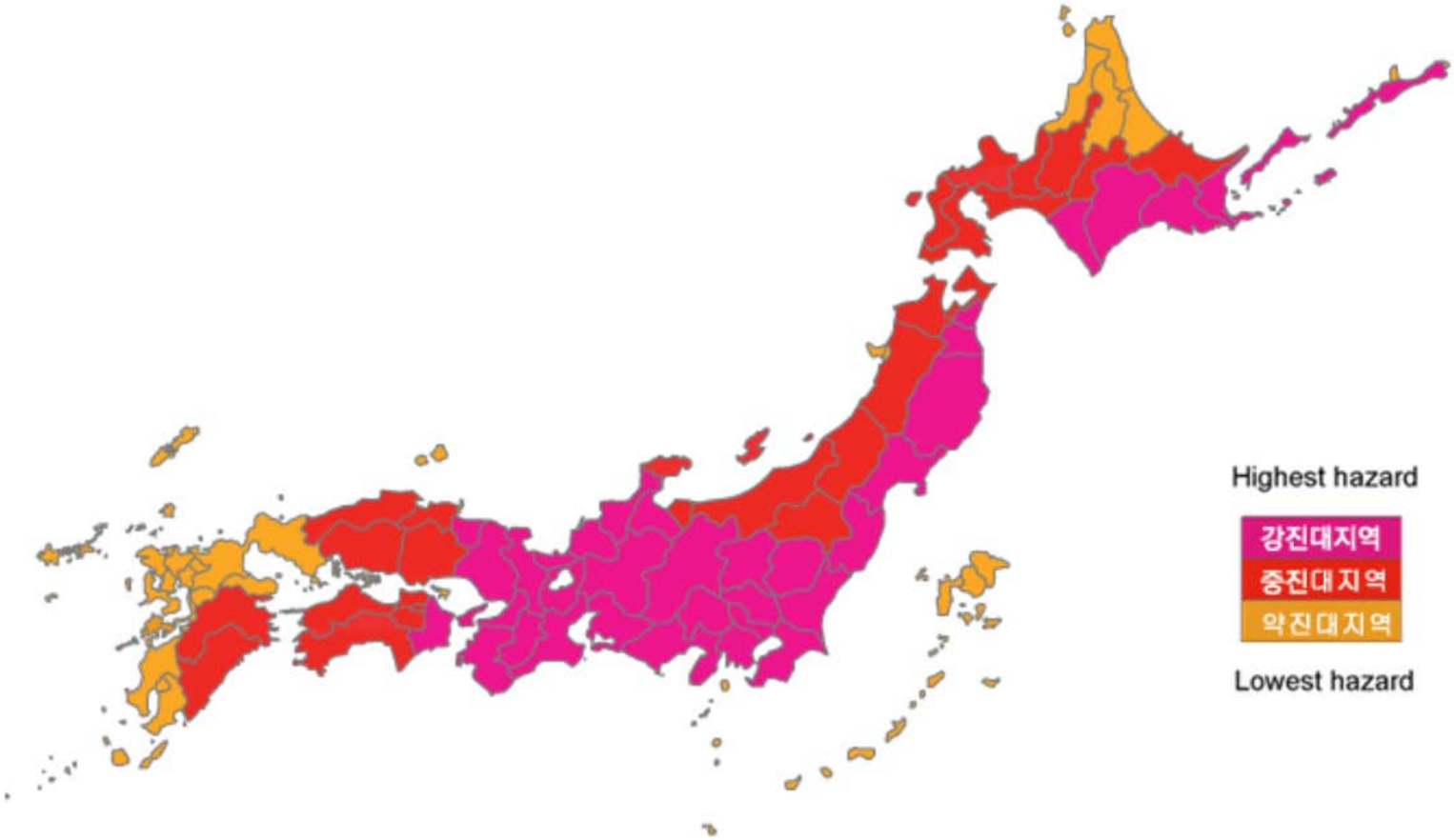


미국의 지진 구역도:
7개 등급(구역)으로 나누고 있다.

한편, 미국 캘리포니아의 경우 가속도측정기가 설치된 곳이 500여 군데에 달하고 있다.



일본의 지진구역도



II. 한반도 지진발생 현황

1. 우리나라 지진발생 현황

우리나라 계기지진관측은 1905년 인천관측소에 기계식지진계를 설치함으로써 시작되었다. 그 후 40여 년간 조선총독부 산하 측후소에 지진계를 점진적으로 추가 설치하여 광복이전까지 우리나라에서는 총 6개소의 관측점을 갖는 지진관측망을 운영하였다. 한편, 1945년의 광복과 1950년 6.25 동란은 우리나라의 지진관측업무를 쇠퇴.중단시키는 결과를 초래하였다.

약 20년간의 지진관측 공백기를 거쳐 계기지진관측이 재개된 것은 1963년 3월이다. 이는 미국 지질조사소의 세계지진관측망(WWSSN : World-Wide Standardized Seismograph Network) 사업의 일환으로 국립중앙관상대에 세계표준지진계(WWSS : World-Wide Standardized Seismograph) 1대가 설치됨으로써 이루어진 것이다. 그리고 1978년 홍성지진을 계기로 장비 현대화 사업에 힘입어 1990년 초에 12개소의 관측점을 갖는 온라인(on-line) 지진감시시스템을 구성하게 되었다.

그 후 1996년 12월 13일 영월지진과 1997년 6월 26일 경주지진으로 국가의 지진방재체제에 대한 전면적 보강의 필요성이 제기되었다. 과거장비는 아날로그 기록방식으로 장비의 노후화 뿐만 아니라 지진분석시 관측자의 주관이 개입되어 오류발생 가능성이 높은 것이었다. 따라서 기상청은 지진 및 지진해일 경보시스템 보강을 위한 지진 및 지진해일 관측망 확충계획을 수립하였다. 이와 같은 시대적 상황에 따라 지진관측장비가 전면적으로 보강되어 최신의 디지털식 지진관측망을 확충하여 질적·양적인 발전을 가져왔다. 2012년 1월 1일 현재 117개소의 지진관측소를 운용하고 있다(그림 2-1).

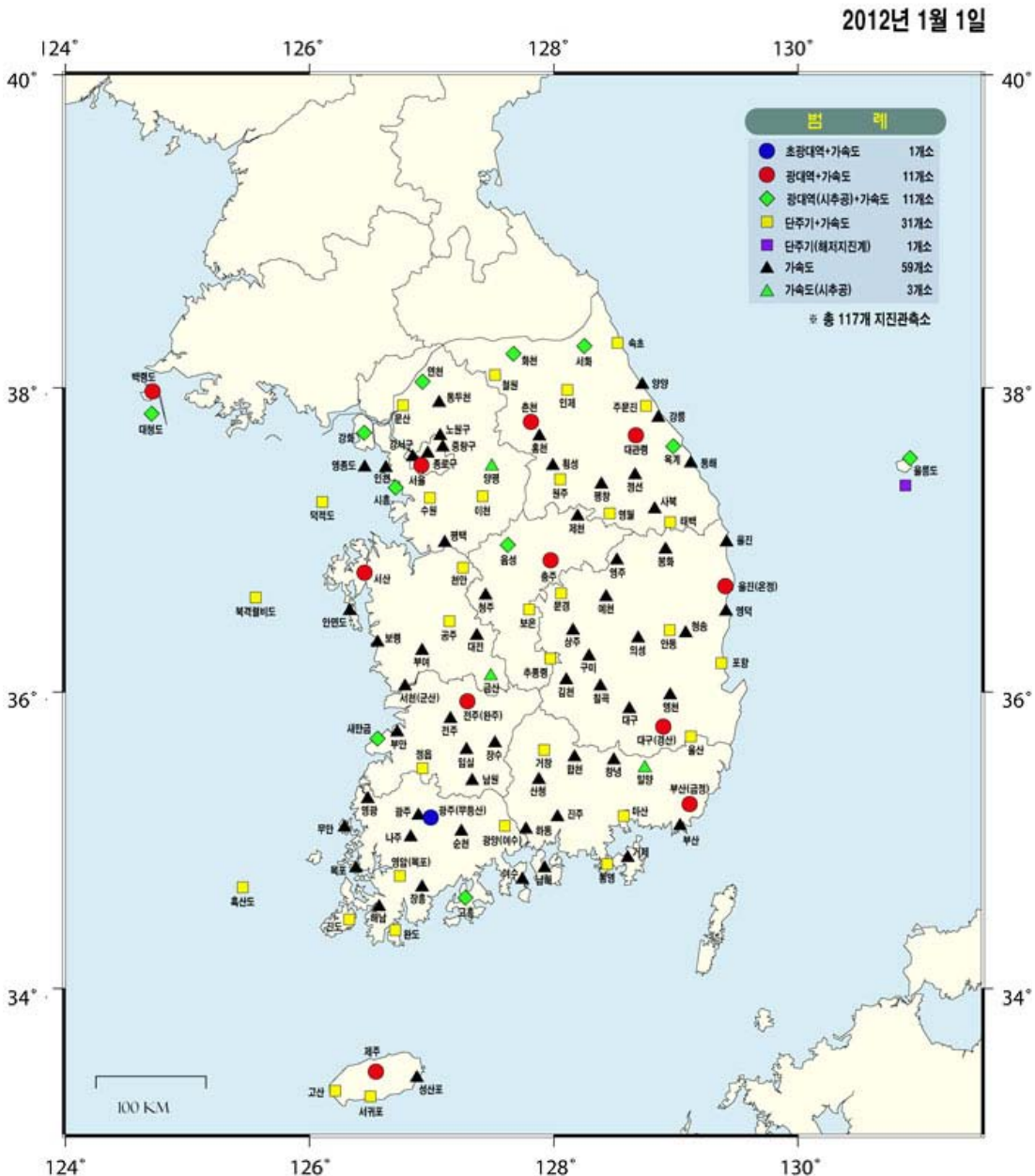
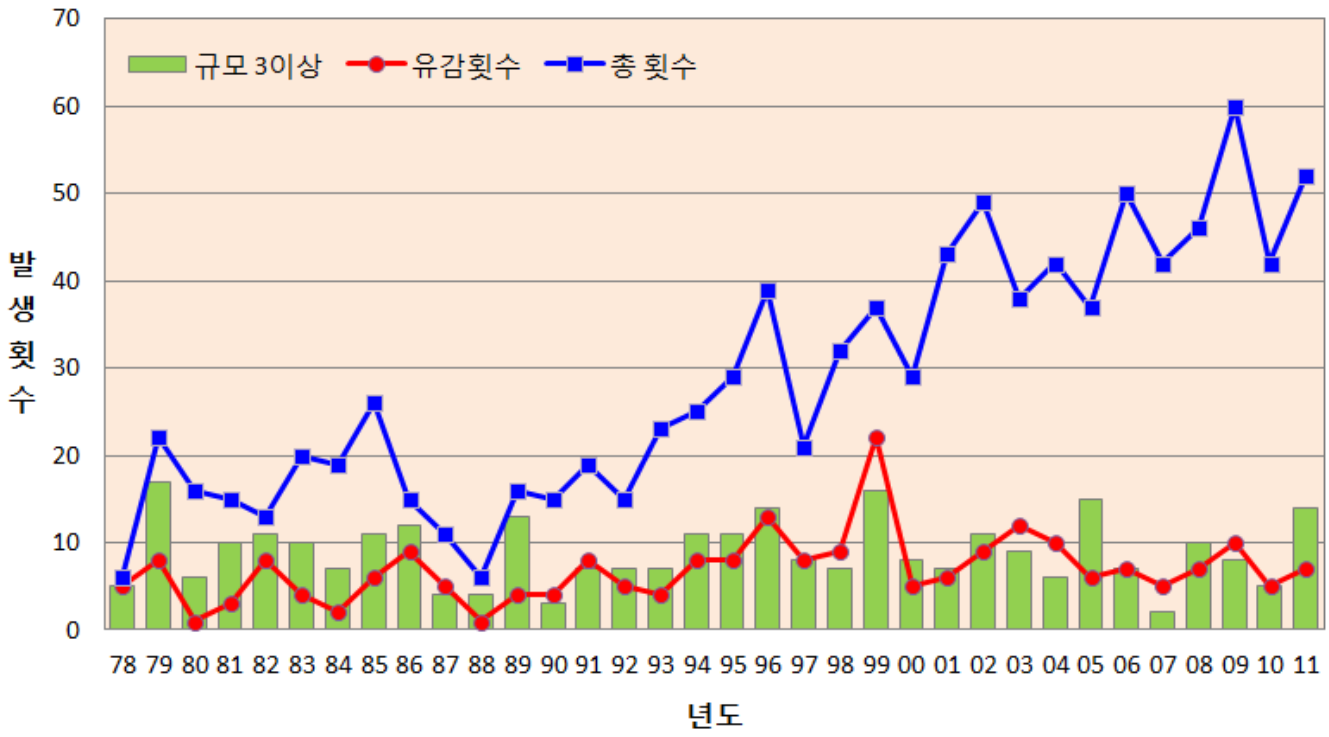

2012년 1월 1일
124°
126°
128°
130°
40°
38°
36°
34°
범 례
초광대역+가속도 1개소
광대역+가속도 11개소
광대역(시추공)+가속도 11개소
단주기+가속도 31개소
단주기(해저지진계) 1개소
가속도 59개소
가속도(시추공) 3개소
* 총 117개 지진관측소
100 KM

그림 2-1

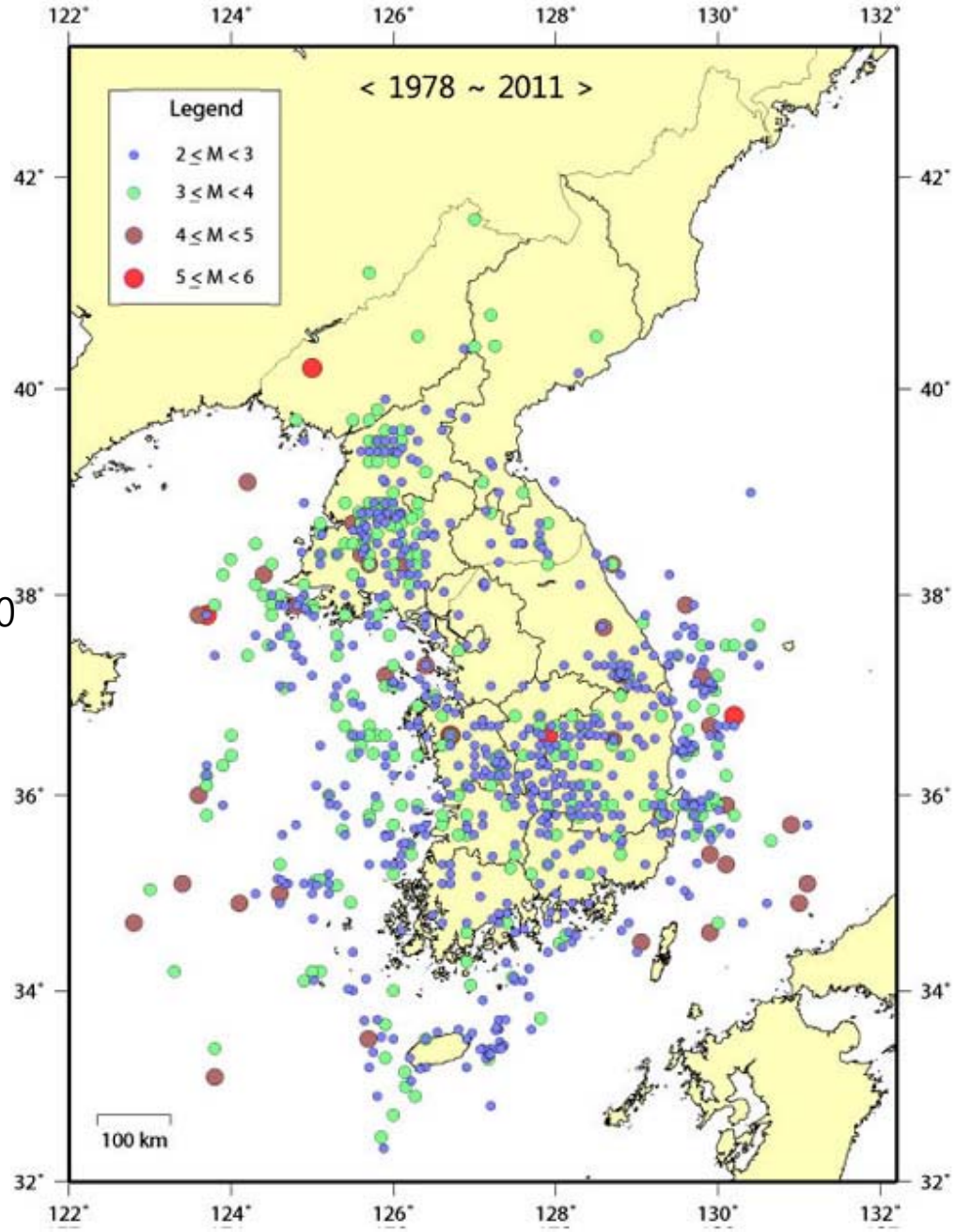
연도별 지진발생추이 및 현황(1978 ~ 2011)



한반도 진앙분포도(1978 ~ 2011)
(기상청 자료)

1978년부터 2011년까지의 계기지진기록을 보면, 국내에 진원이 있는 지진으로는 1980년 1월 8일 평안북도 서부 의주-삭주-귀성지역에서 발생한 리히터 규모 5.3이 최대의 계기지진이며, 이를 포함하여 리히터 규모 5.0이상의 지진은 총 5회 발생하였다.

이 밖에도 국내에 진원이 있는 리히터 규모 4.0 ~ 5.0의 지진은 총 39회 관측되었으며, 지진의 진앙분포를 살펴보면 함경남도와 함경북도를 제외한 한반도 전역에서 지진이 발생함을 알 수 있다



우리나라에서 발생하는 지진들은 지진재해가 큰 해외 국가들에 비해 규모가 작은 5.0 전후의 중.약진 지역으로 지진동이 심하지 않아 대부분 피해가 없거나 경미한 손상 정도만 발생하였다.

그러나 1978년 홍성지진은 지진에 대한 사회적인 경각심을 불러일으켰으며, 1996년 영월지진, 1997년 경주지진을 겪으면서 주요 시설물들에 대한 내진설계의 중요성이 크게 인식되어 국내 주요 구조물들에 대한 내진설계기준이 크게 강화되는 계기가 되었다.

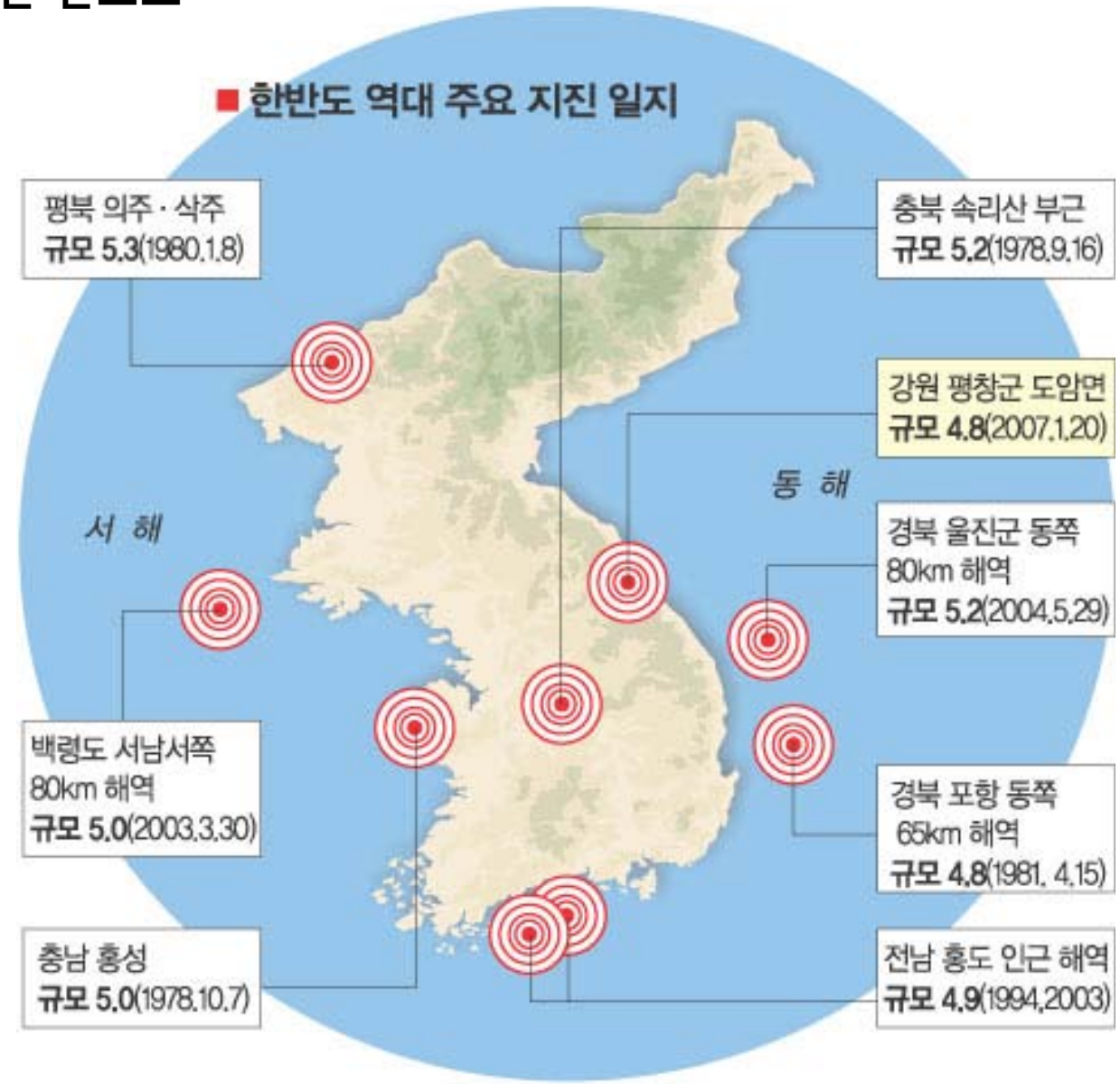
그리고 이러한 배경 하에 현재에도 각 구조물별 내진설계기준이 지속적으로 개선되고 있다.

한반도 역대 주요 지진 진도표

Report 1.

오른쪽 그림에 표기한 한반도 주요 지진의 특성과 지진피해사례를 조사하라.

[제출기한: 6월 5일]



한반도 역사 지진기록

계기지진기록 이전의 우리나라에 지진이 있었던 사실은 여러 가지 역사 기록으로부터 확인되고 있다. 지금까지 밝혀진 역사 기록상의 유감 지진은 약 1,800회에 달한다.

특히 이들 지진 중에서도 인명 및 재산 피해를 수반한 MMI 진도 7이상의 피해 지진은 과거 2,000년 동안 약 40회 이상 있었던 것으로 나타나고 있다.

우리나라의 설계지반 운동의 세기 수준인 0.10g에서 0.15g는 MMI 진도 7에 속한다고 판단된다.

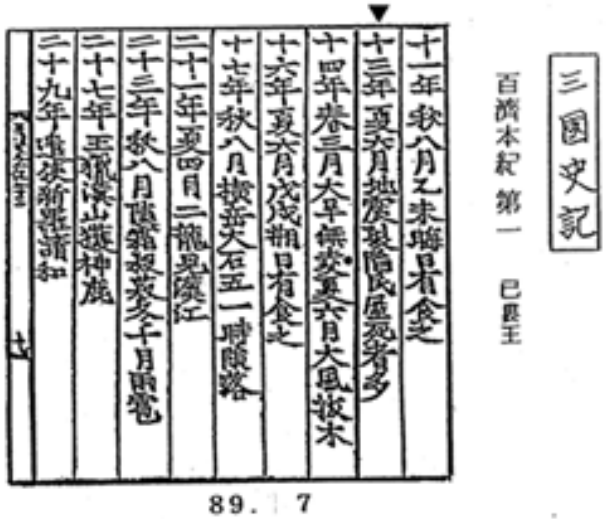
MMI 진도 7은 다음과 같이 기술되고 있다.
"모든 사람들이 집밖으로 달려 나간다. 잘 설계되고 시공된 건물에는 경미한 피해가 발생하고 비교적 좋게 시공된 일반 구조물의 경우에는 약간의 피해가 발생하고, 불량하게 시공되었거나 좋지 않게 설계된 구조물의 경우에는 심각한 피해가 초래되며 굴뚝이 파괴될 것이다. 차량을 운전하는 사람도 지진을 감지할 정도이다."

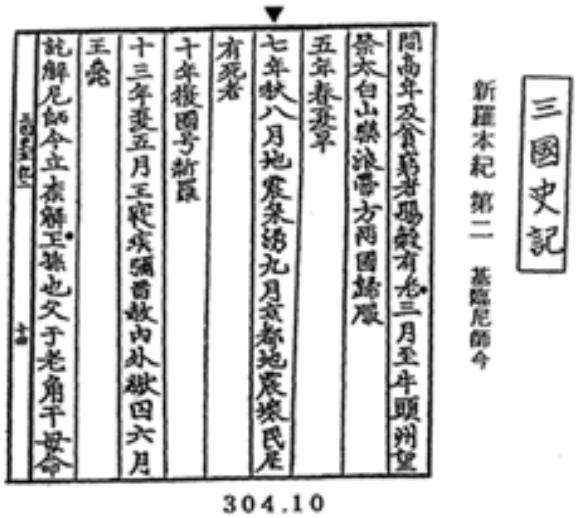
삼국사기를 비롯한 역사문헌에서는 MMI 진도 5 이상 지진이 약 400회 이상 기록되어 있다. 그중 인명과 재산피해를 일으킨 지진은 약 45회 이상으로 횟수로 따지면 평균 50년마다 한번씩 피해지진이 발생한 샘이다.

조선왕조실록에도 지진발생 및 피해사례가 많이 수록되어 있다. 조선왕조실록은 그 기록의 정확성과 철저함에 있어서 세계적으로 유례를 찾아보기 어렵다고 한다. 이러한 역사기록을 분석한 연구결과로부터 우리나라에서는 지진이 자주 발생하지는 않지만, 드물게 큰 지진이 발생하여 인명 손실과 구조물 피해를 초래할 수 있는 것으로 지진학계는 결론을 내리고 있다.

금세기에 들어서 시작한 계기지진관측으로부터 얻은 결과와 금세기에 발생한 일련의 중규모의 지진 (1936년 쌍계사지진, 1978년 홍성지진) 은 우리나라에 강진 발생가능성이 상존하고 있음을 뒷받침하고 있다.

삼국사기에 있는 역사지진 기록

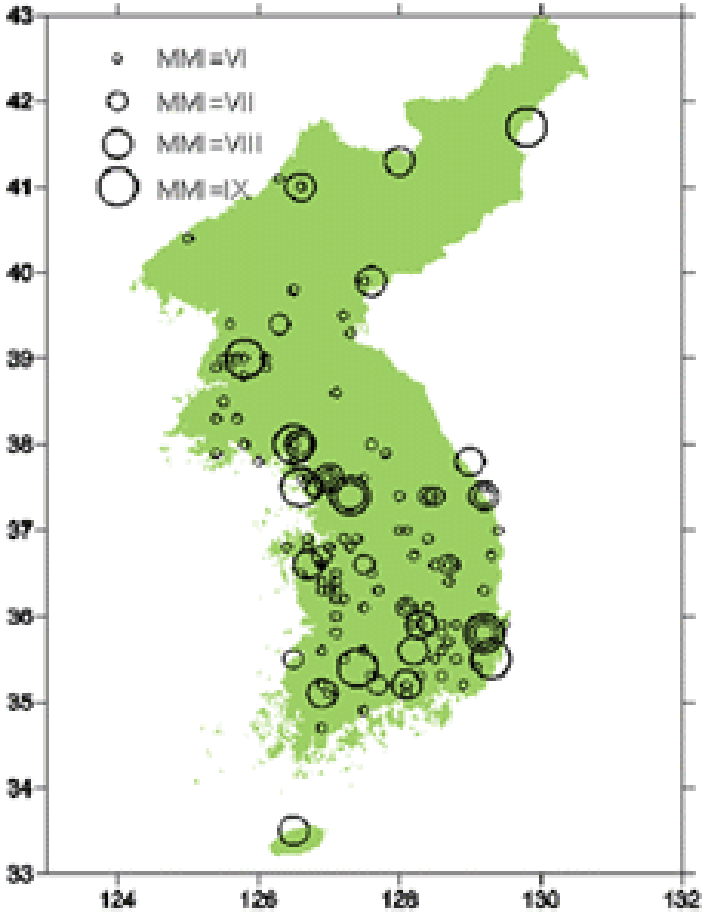


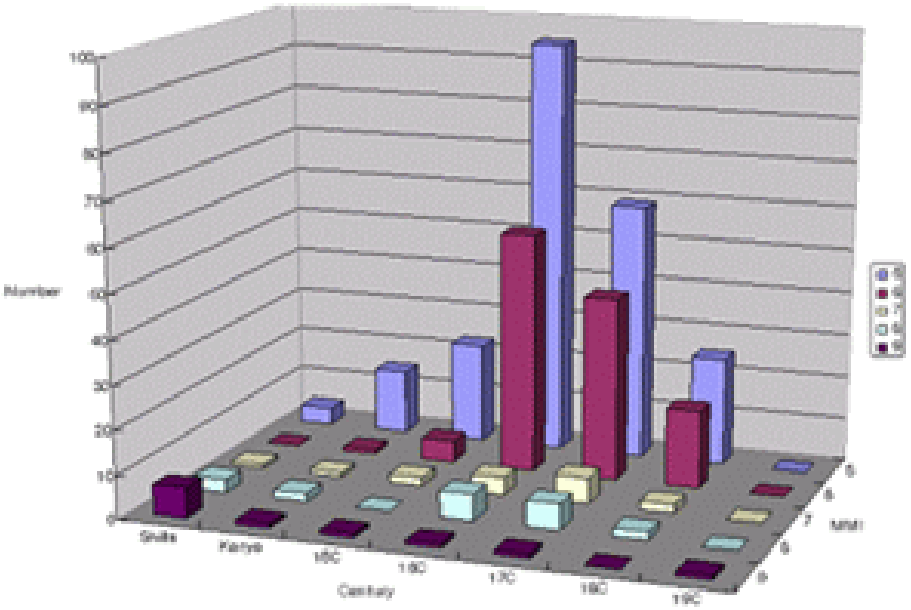


89년 7월에는
‘땅이 흔들려 갈라지고 민옥이 함몰되어 죽은 사람이 많았다’,

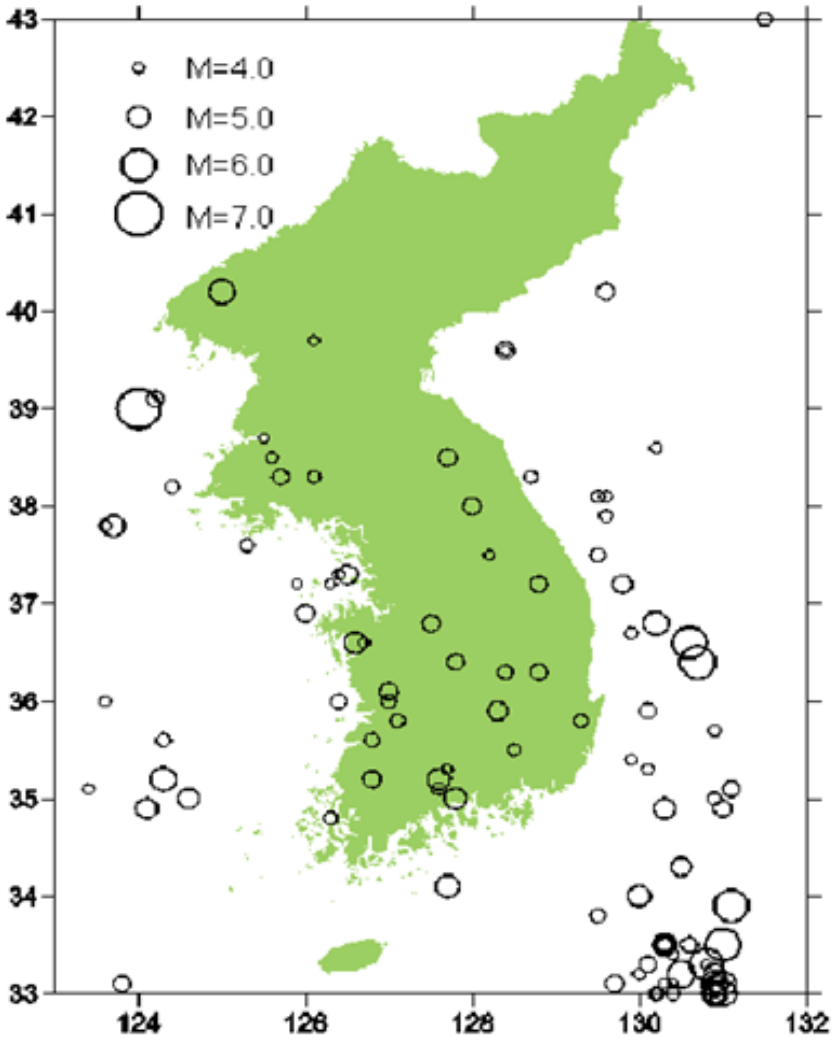
304년 10월에는
‘경주의 땅이 흔들려 민옥이 넘어지고 죽은 자가 있었다’

한반도에서 발생한 역사지진 (서기 2년 ~ 1904년)





한반도에서 발생한 역사지진 (1905년 ~ 현재)



III. 지진에 의한 피해 양상

Most Earthquake Damage is Caused by Shaking

The intensity of shaking that a building or structure will experience during an earthquake is highly variable, but generally depends on three main factors:

- The magnitude of the earthquake— in general, the larger the quake, the stronger the shaking and the larger the area affected.
- The distance from the earthquake— the closer to the source of the earthquake, the greater the shaking.
- The type of ground material beneath the structure—soils may amplify or deamplify the shaking relative to hard bedrock.

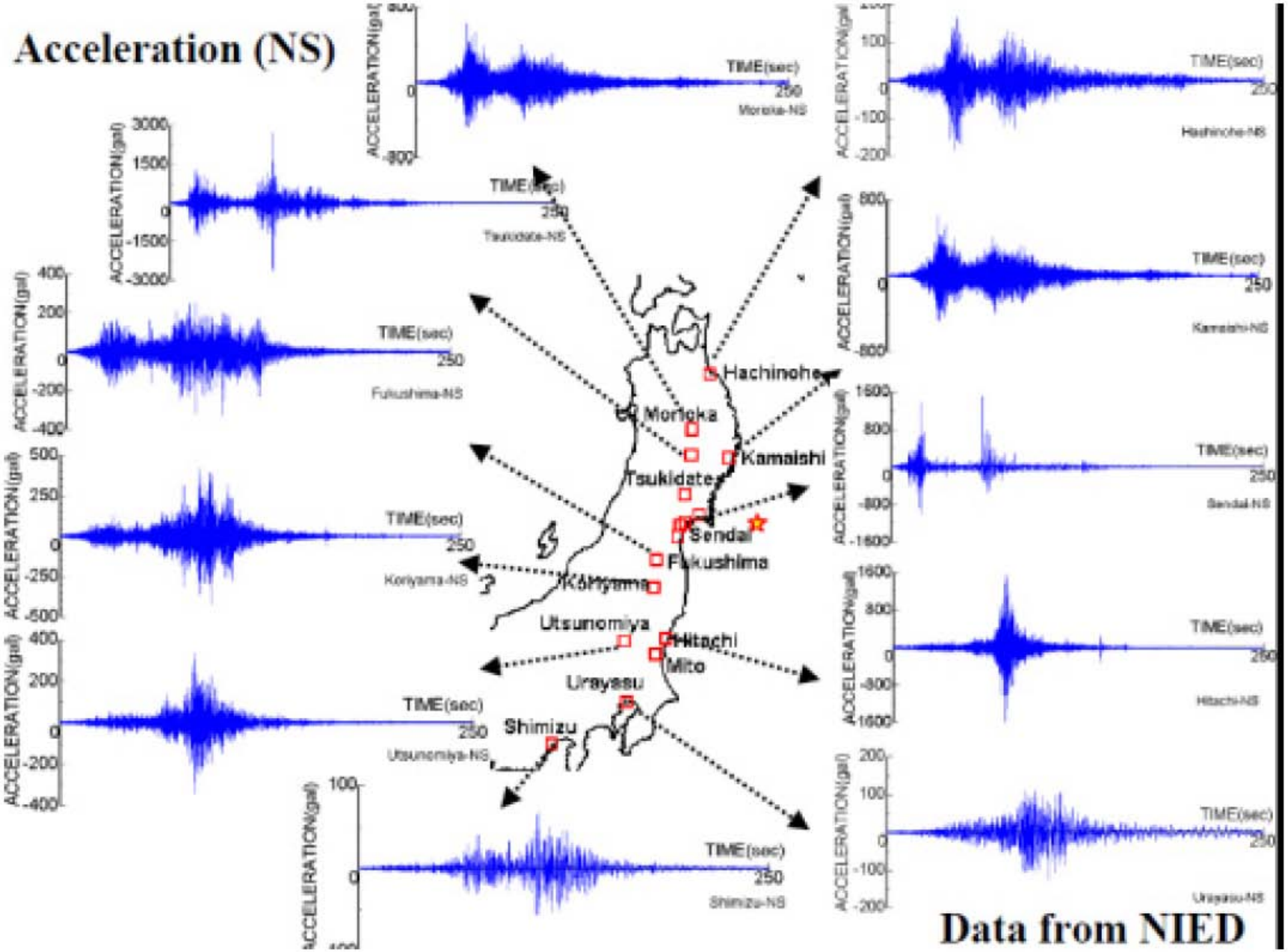


Fig. 32. Ground Acceleration Time histories Recorded in Earthquake Region. (NIED 2011)

The distance from the earthquake

The type of ground material beneath the structure

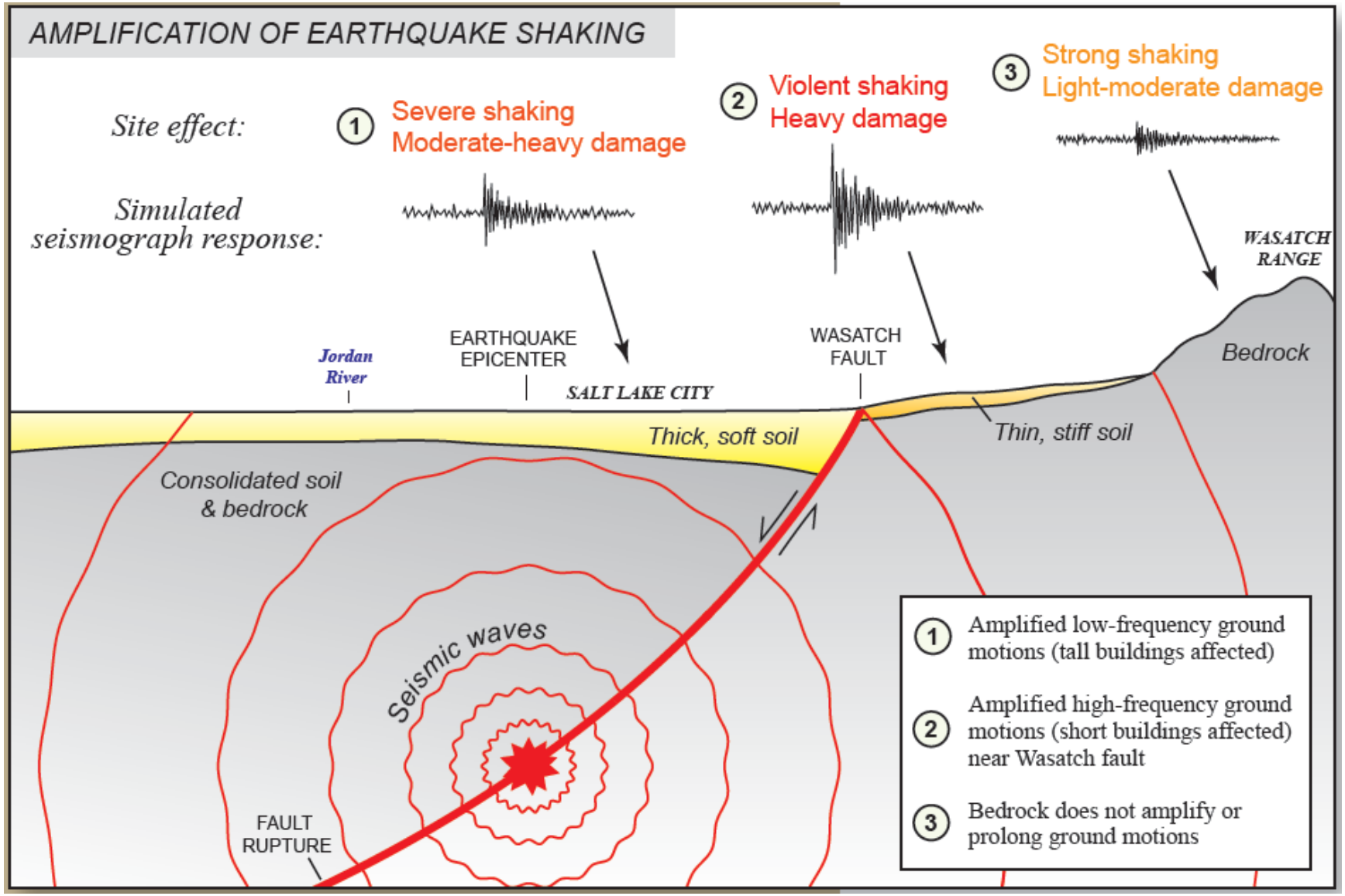


Fig. 20. Damaged Presidential Palace in Port-au-Prince.
http://alanrdennis.wordpress.com

Figure 1.1 Parking structure that collapsed during the 1994 Northridge earthquake, California State University, Northridge Campus.

Northridge, California Earthquake
January 17, 1994
Magnitude 6.7

Photo Credit: J. Dewey,
U.S. Geological Survey

Loma Prieta earthquake,
October 17, 1989
Oakland, California
Magnitude: 6.9

Photo Credit: H.G. Wilshire,
U.S. Geological Survey

Armenian Earthquake December 7, 1988

Spitak, Armenia

Magnitude 6.9

Photo Credit: C.J. Langer,
U.S. Geological Survey

Izmit (Kocaeli) earthquake, August 17, 1999
Izmit, Turkey
Magnitude 7.4

Photo Credit: National Geophysical Data Center

Earthquakes Also Cause Damage in Other Ways

Although most earthquake damage is caused by shaking,
other damaging effects of quakes can be just as devastating.
For example, in the 1992 magnitude 5.9 St. George earthquake, the greatest damage to houses was caused by a massive landslide in Springdale.

Damaged infrastructure

Fires

Hazardous materials

Dam failures and seiches

Landslides

Rock fall

Liquefaction

Surface fault rupture

NATIONAL GEOGRAPHIC

Earthquake

Seattle, Washington
April 29, 1965
Magnitude 6.5

Photo Credit: University of California, Berkeley

Fig. 9. Landslides in Proximity of Old Beichuan Town. http://www.agu.org/news

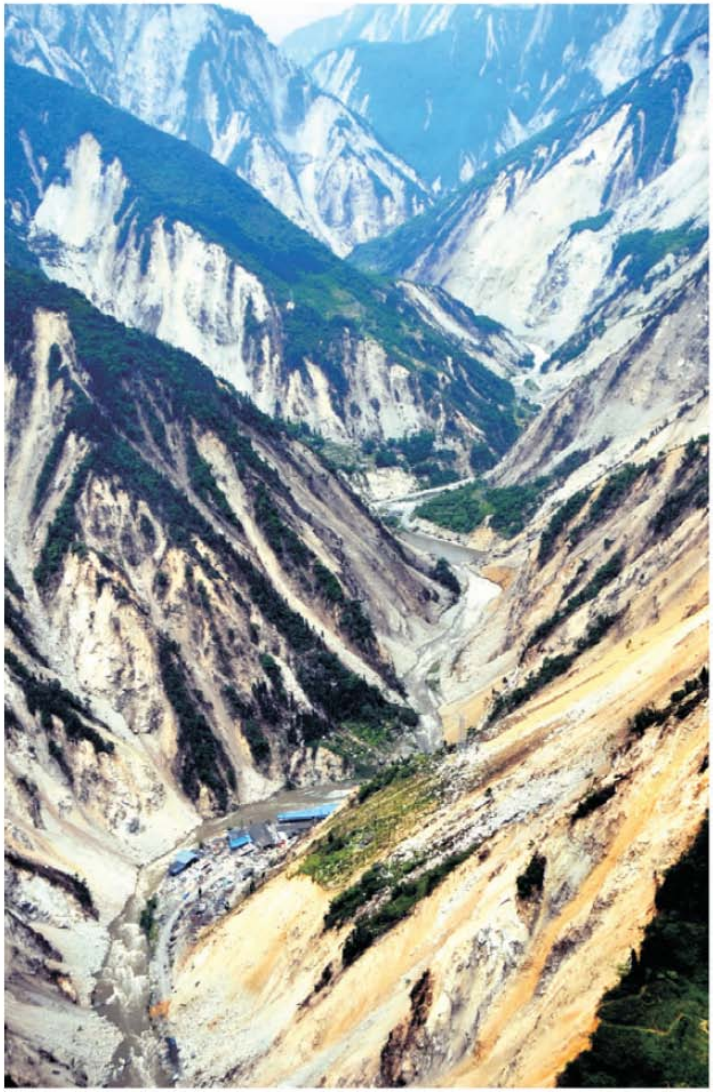


Fig. 10. Landslides along Minjiang River near Wenchuan County. (EEEV 2008)

Fig. 11. Landslide Lake at Tangjiashan Landslide. Engineering Resilient Cities - Mahin – Oct 2008

Fig. 28. Scene of Downtown Christchurch Captured by a Tourist During Earthquake, 2011. http://otilya.com/view/christchurch_ as_the_quake_hits.html

Fig. 26. Liquefied Sand Deposited on Street, 2011. http://otilya.com/view/ News/Asia-Pacific/New-Zealand

Niigata, Japan
June 16, 1964
Magnitude 7.4

Photo Credit: National Geophysical Data Center

Fig. 34. Blast-Damaged Fukushima Dai-Ichi Nuclear Power Plant Unit 3 (left) and Unit 4 (right).http://pinktentacle.com/

Government Hill School, March 27, 1964
Anchorage, Alaska
Magnitude 9.2

Photo Credit:
NOAA/NGDC

Resulting fires #15

Great Alaska Earthquake
March 28, 1964
Valdez, Alaska
Magnitude 8.4

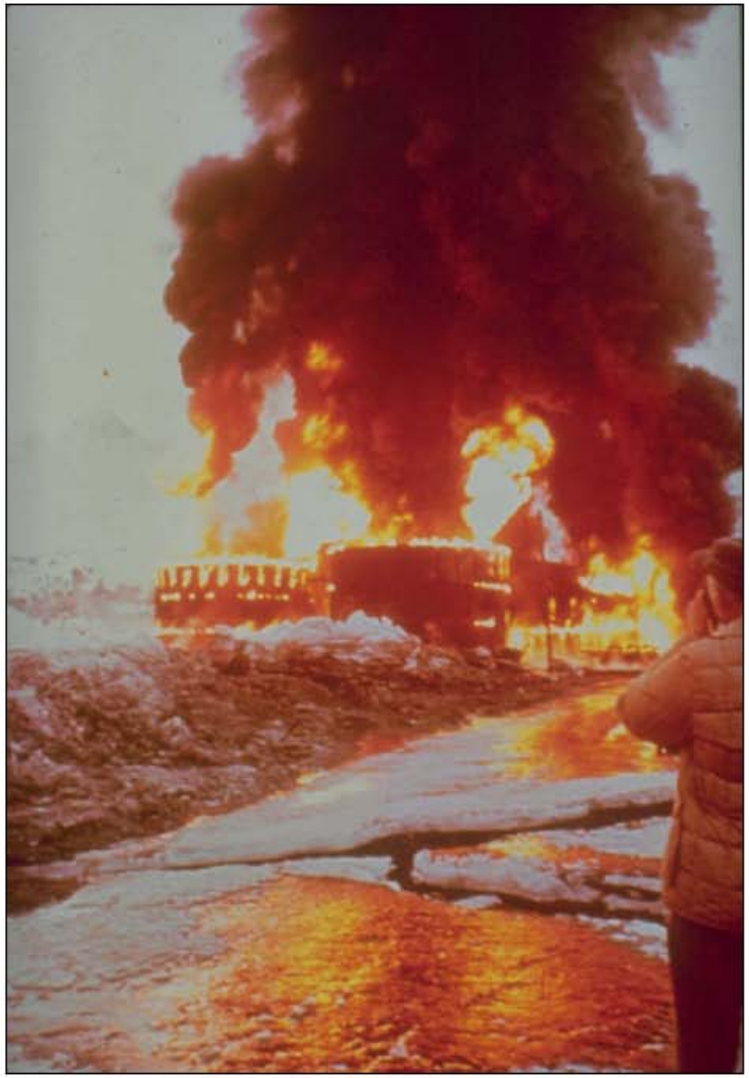


Photo Credit: EERI,
Slides on Learning from Earthquakes, Set IV

69
70