

# 지진, 과연 우리에게 ‘강전너 불’ 일까?

| 글 | 이진희 기상청 지진담당관실 기상연구소 jlh@kma.go.kr |

— 일본 강타 계기, 「우리 나라의 지진」 점검한다 —



지진으로 부서진 고가도로(미국 노스리지, 1994년 1월)

**요**즘 전세계에서 대규모의 지진이 동시다발적으로 발생하여 많은 사람들이 이에 대해 걱정하고 있는 실정이다. 우리나라도 언제 큰 지진이 발생하여 피해를 보게 할지 모른다고 생각하고 불안해 하는 사람도 있을 것이고, 우리나라는 지진의 안전지대에 있으니 다른 나라의 참사는 강전너 불이라고 생각하는 사람도 있을 것이다. 어느 쪽이 학문적으로 정확한 판단인지 알아보기 위해서는 지진이란 무엇이며 어떤 원인으로 발생하는지 짚어 보아야 한다.

## 전세계에서 동시다발

지진이란 어떤 원인에 의하여 우리가 서 있는 지표면이 진동하여 건물 붕괴나 화재 등의 재해를 일으키는 현상이다. 과거에는 지진이 일어나는 원인을 화산의 폭발이나 지하 빈 공간의 붕괴 등으로 해석하는 학설도 있었으나 근래 들어 거의 모든 지진은 지하 암석의 갈라짐에 의하여 발생하는 것이 확실해졌다.

일반적으로 지진은 넓은 지역에서 거의 동시에 느껴진다. 이 때 각 지역의 흔들림의 정도, 즉 진도를 조사해 보면 갈라짐이 발생한 땅 속 바로 위의 지표, 즉 진앙에서 흔들림이 가장 세고 그 곳으로부터 멀어지면서 약하게 되어 어느 한 계점을 지나면 느끼지 못하게 된다. 이것으로부터 흔들림이 가장 큰 장소 부근의 땅 속에서 어떤 급격한 변동이 발생하여 그것에 의한 진동이 사방으로 전해져 여러 지역을 흔들는 것이라 볼 수 있다. 이는 마치 종을 쳤을 때 사방으로 울려 퍼지는 음파와 같은 성질을 갖고 있다.

그렇다면 지하 암석을 갈라지게 해서 지진을 일으키는 지구적인 힘은 무엇일까? 이것은 지표면의 암석권에 있는 판(plate)의 움직임이라 할 수 있다. 판이란 지구의 표면이라고도 할 수 있는 수십km 혹은 그 이상의 두께를 가진 암석권으로 지구는 유라시아판, 태평양판, 북미판 등 10여 개의 판으로 나뉘어져 있다(그림 1). 이들은 서로 부딪치거나 밀고 때로는 서로 포개지면서 각각 매년 수cm 정도의 속도로 맨틀이라 불리는 그 하부의 지역 위를 제각기 이동하고 있다. 이러한 지각판들의 운동은 그들의 가장자리의 마찰에 의하여 경계부위에서 저항을 받는데 이는 두 개의 벽돌을 맞대고 문지르면 미끄러지지 않으려는 힘을 받는 것과 같다. 그러나 지구적인 힘이 판의 마찰저항을 초과할 수 있는 단계에 도달하면 갑작스런 미끄러짐이 일어나며 이것이 바로 지진이다. 따라서 지진이 발생하기 쉬운 지역은 보통 판과 판의 경계 부근이지만 판의 내부에서도 종종 지진이 발생하고 있다. 판과 판의 경계에서는 마그마가 분출하기도 쉽기 때문에 지진발생이 빈번한 지역과 화산이 주로 발생하는 지역은 서로 유사하게 마련이다. 일본의 지진은 대부분 태평양쪽에서 발생하고 있는데, 이것은 그림 1에서 보듯이

판 경계지진으로 태평양판과 필리핀판이 유라시아판 밑으로 충돌하며 하강하고 있기 때문이다. 그러나 판 내부지역인 중국에서 지진으로 인한 많은 피해를 내고 있는 현상은 아직도 설명하기 어렵다.

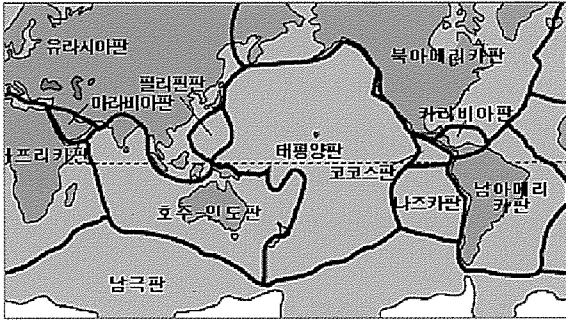


그림 1. 지구를 둘러싼 주요 판구조도

지진의 크기를 대표하는 수치로는 절대적 개념의 '규모'와 상대적 개념의 '진도'라는 용어가 사용되고 있다. 규모는 지진발생시 그 자체의 크기를 정량적으로 나타내는 양으로서 진동에너지에 해당한다. 이는 지진계에 기록된 진동의 크기 및 지진이 발생한 지역에서부터 지진계의 거리로부터 계산된다. 반면 진도는 어떤 장소에 나타난 지진동의 세기를 사람의 느낌이나 주변의 물체 혹은 구조물의 흔들림 정도를 수치로 표현한 것으로 정해진 설문을 기준으로 계급화한 척도다. 이는 지진의 규모와 진앙거리, 진원깊이에 따라 크게 좌우될 뿐만 아니라 그 지역의 지질구조와 건물의 형태 등에 따라 달리 평가될 수도 있다.

**1만명 이상 사망한 지진만 19차례**

지진이란 자연재해 가운데 가장 대규모의 인명피해를 낳는다. 1556년 1월 23일 중국 산시성(陝西省)에서는 대규모 지진의 발생으로 건물 붕괴 및 화재, 그리고 그 후 기근 및 전염병으로 인한 피해까지 포함하여 총 83만명의 사망자를 냈다. 20세기 들어와서 14만여 명의 사망자를 낸 일본의 간토(關東)대지진, 24만여 명의 사망자를 낸 중국의 탕산(唐山)지진 등을 포함, 1만명 이상의 사망자를 낸 지진만도 지금까지 19차례나 발생했다. 이와 같은 대규모의 사상자는 태풍, 화산 등 기타의 자연재해에서는 찾아보기 어려운 현상이다.

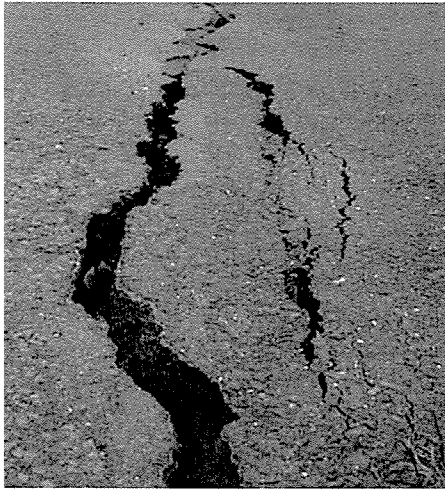
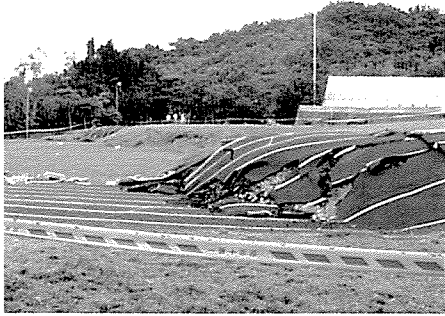
보통 지진으로 인한 진동은 수초 내지 수십초 정도밖에 지속되지 않으나 그로 인한 영향은 진동 및 지각운동으로 인해 자연계 및 인간사회에 오랫동안 나타난다. 지진의 피해는 직접적으로 일어나는 1차적 피해와 화재 등으로 인한 2차적 피해로 나뉜다. 특히 대지진이 발생하면 동시에 여러 지점에서 화재가 발생하며 대화재로 발전하기 쉽다. 화재가 지진의 피해를 수 십배로 증폭시킨 예도 적지 않다.

또 한가지 사항을 언급한다면 일반적으로 대중소설에서 지진의 무서움을 묘사하는 장면 가운데 하나는 땅이 갈라져 입을 벌리고 사람들이 수없이 그 틈으로 빠져 들어가는 것이다. 하지만 이는 현실에서는 거의 있을 수 없는 장면이라고 봐도 좋다. 처음에 설명했듯이 지진이 발생하는 이유는 땅이 갈라지기 때문이며 지진이 발생하는 중에는 대체로 지면이 단층을 따라서 움직인다. 만약 단층을 통해 땅이 양쪽으로 벌어진다면, 그 곳에는 마찰이 발생하지 않는다. 마찰 없이는 지진이 발생할 수 없으므로 이런 식으로 지진이 일어날 가능성은 거의 없다. 다시 말하면 지진에 의해 발생하는 피해는 땅의 갈라짐에 의해 발생한다기보다 건축물의 붕괴나 기물의 뒤집힘과 낙하로 인한 피해, 그리고 화재에 의해 일어난다는 이야기가 된다. 따라서 같은 크기의 지진이 일어나더라도 그 도시의 건물 종류에 따라 피해 상황에 큰 차이가 난다. 이런 상황을 두고 하는 잘 알려진 이야기는 "지진은 사람을 죽이지 않는다. 사람을 죽이는 것은 건물이다"라는 경구이다.

**우리 나라도 마음 놓을 수 만은 없다**

앞서 말했듯이 지진은 많은 경우 판과 판의 경계 지역에서 일어난다. 우리 나라는 유라시아판 내부에 있기 때문에 이 점에서는 비교적 안정된 지역이라고 생각되지만 같은 판 내부지역인 중국에서도 지진으로 인한 엄청난 인명피해가 여러 차례 나타난 사례로 보아 절대 우리 나라도 마음을 놓아서는 안된다고 할 수 있다.

한반도에 지진이 있었던 사례는 여러 역사 문헌을 통해 확인되고 있다. 삼국사기나 고려사, 조선왕조실록을 보면 우리 나라에서도 지진이 발생한 사례는 여러 차례 있었고 이에 따른 피해가 적지 않았음을 알 수 있다.



지진으로 파괴된 운동장 (대만 1999년 9월 · 위과 갈라진 도로 (일본 돗토리, 2000년 10월 · 아래)

지진과 관련된 자료는 크게 둘로 분류해서 확인할 수 있다. 하나는 이같은 역사적 문헌에서 찾아볼 수 있는 ‘역사지진’ 이고 다른 하나는 현대 지진 관측 장비를 통해 탐지되어 지진 기록지에 기록되는 ‘계기지진’이다. 우리나라에서는 1905년 인천의 지진관측소가 설립되었으므로 이 때를 기준으로 하여 역사지진과 계기지진을 구분한다.

우리 나라의 역사지진은 학자에 따른 학설의 차이는 있으나, 서기 2년 이래 사람들이 감지한 지진의 기록을 대략 1800여 회로 볼 수 있다. 15세기에서 18세기 사이에는 특히 다른 기간에 비해 지진발생 기록이 많아서 이를 지진의 활동기로 간주하기도 하며 19세기 들어 지진발생 기록이 갑자기 크게 줄어들어 이를 지진의 휴지기로 간주하는 학자도 있다.

특히 779년(신라 해공왕 15) 경주에서 발생한 지진은 100여 명의 사망자를 내었으며 이는 현재까지 우리나라에서 최대의 사망자를 낸 지진이다.

1905년 이후의 계기지진에서는 우리나라에서 현재까지 약 1천여 차례의 크고 작은 지진이 기록되고 있다. 그러나 본격적인 지진관측이 시작된 것은 기상청에서 1963년 3월 서울에 세계표준지진계 1대를 설치하고 77년 4월 일본 가즈시마사 제품인 간이형지진계 2대를 서울과 광주에 각각 설치한 이후부터다. 이로 인해 관측된 우리나라의 지진은 현대식 장비로 전국 6개소의 관측망을 보유하게 된 78년 이후 현재까지 약 25년 동안 582회 발생하여 연평균 23회 정도의 값을 나타내고 있다. 이들 가운데 규모 3.0이 넘는 중간 규모의 지진은 대체로 연평균 9회 정도, 그리고 사람이 진동을 감지한 유감지진은 연평균 7회 정도 발생했다.

이 시기에 규모 5.0이 넘어 실제로 피해를 보았거나 피해 가능성이 있었던 지진은 총 5회 발생했다. 이들은 지난 1936년 지리산 쌍계사지진을 비롯하여, 78년 충북 속리산지진, 충남 홍성지진 그리고 80년 삭주지진 및 2003년 백령도 해역지진이다. 특히 78년 10월 7일 발생했던 홍성지진(규모 5.0)은 건물에 균열이 발생하는 등 3억원 가량의 재산 피해를 가져오기도 했다. 지난 96년 12월 13일 강원 영월에서 발생한 규모 4.5의 지진도 상당한 충격을 주었으며(공식적인 피해기록은 없음) 금년 3월 서해에서 규모 4.9, 5.0의 지진이 연달아 발생하여 국민들을 불안하게 만들기도 했다.

**지진예측 성공확률은 아직도 '0'**

지진발생시 제일 먼저 도달하는 파동을 p파(primary wave)라 부른다. 그런데 실제로 더 큰 피해를 주는 진동은 그 후에 도달하는 s파나 표면파이다. 따라서 이 지진동이 도달하기 몇 초전에 나타나는 p파는 일종의 전조라고 할 수 있다. 다음으로 특정지역에서 오랜 기간 지진의 발생기록이 남아있으면 이 자료를 통계적으로 분석하여 이 지역에서 몇 년내에서 몇 십년내에 지진이 발생할 확률을 계산할 수 있다. 이는 내진공학(耐震工學), 즉 건축설계에 있어 중요한 자료로 쓰인다. 그런데 사람들이 관심을 갖는 것은 그 중간 단계다. 즉 지진이 발생하기 며칠 전 내지 몇 시간 전에 이 지역에서 지진이 발생할 것인지 알 수 있을 것인가.

큰 지진이 발생하기 전에 일어나는 작은 지진활동을 비롯하여 몇 가지 전조현상이 임박한 지진을 예보하는데 도움을 줄 수 있는 경우가 있다. 이를 이용하여 대형지진이 발생하기 전에 통보를 하여 주민들을 대피시키는 연구가 일부 국가에서 수행되고 있으나 아직 실용적이 되기에는 어려움이 많은 실정이다. 일반적으로 대규모 지진이 발생하기 전에 나타나는 전조현상에는 다음과 같은 것들이 있다.

**지진파 p파의 속도** : 지진이 발생하기 전에 전조로서 나타나는 p파 속도의 변화는 지진학자들에게 있어 매우 중요한 관심의 대상이 되고 있다. 이 현상이 일어나는 원리는 간단하다. 지진이 발생하기 전에는 암석의 성분이 변하기 때문에 지진파의 속도도 변화하는 것이다. 예를 들어 약 20km 지역에서 p파속도가 10% 정도 변화한다면 이 지역을

가로지르는 p파의 도달시간은 0.4초 가량 변화한다. 이 정도의 변화는 현대의 시계 및 지진계로 쉽게 파악할 수 있다. 이러한 지진정보는 1962년 소련의 타지키스탄 지진의 전조로서 발표된 바 있다.

**지표면 수준의 변화** : 지진의 전조로서 나타나는 두 번째 현상은 지표가 기울어지거나 융기하는 등 지표면의 변화가 나타나는 것이다. 이는 일본에서 1964년 니가타(新潟) 지진 때 중요한 전조로서 나타난 바 있다. 그러나 1960년대 캘리포니아의 경우처럼 적어도 150km에 걸쳐 최대 35cm 정도의 융기가 관찰되었는데도 지진이 일어나지 않은 경우도 있다.

**라돈가스 방출** : 지진현상의 세 번째 전조는 활성단층일대를 따라 대기중으로 비활성가스인 라돈이 방출되는 것이다. 이 현상은 구 소련에서 여러 차례 보고된 바 있다.

**암석의 전기저항값** : 관심의 대상이 되는 네 번째 변수는 암석의 비저항값이다. 실험실에서 물로 포화된 화강암 등의 암석을 고압력하에서 볼 경우 파쇄부위에서 저항값이 상당히 크게 변화하는 것을 알 수 있다. 구 소련, 중국, 일본, 미국 등의 현장실험에서도 이 현상을 계속 연구하고 있다.

**지진활동 비율의 변화** : 지진활동 비율의 변화가 다섯 번째의 변수이다. 간단히 말하여 큰 지진과 작은 지진의 비율에 변화가 일며 보통 작은 지진의 횟수가 늘어난다. 이러한 변화는 1975년에 오로빌 지진과 중국 만주지진에서 관찰되었으며 76년 9월초 이탈리아에서도 이 현상을 통하여 지진 예보에 성공한 바 있다.

성공적인 지진예보의 실례를 들자면 대표적으로 언급되는 것이 중국의 하이청(海城)지진이다. 1975년 2월 4일 중국 만주지역의 하이청 지방정부에서는 이 지역에서 24시간내에 강력한 지진이 발생할 증거가 충분하다고 판단, 이 일대 도시의 주민들에게 추운 날씨였지만 건물 밖에서 거주하도록 지시하였다. 그리고 나서 오후 7시 36분 규모 7.3의 강력한 지진이 이 일대를 덮쳤다. 모든 기록은 이 지진이 여러 도시의 건물, 공장, 댐, 다리 등의 구조물에 미친 피해가 참혹하였음을 보고하고 있으며 이를 예상하지 못했으면 엄청난 사망자가 나왔을 것으로 예상하고 있다.

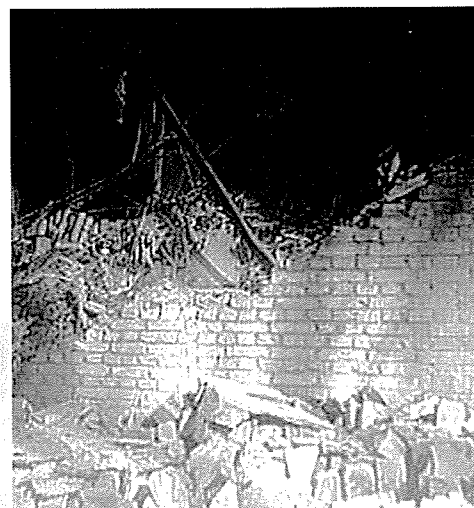
이 사건은 파괴적 지진에 대한 첫 번째 완벽한 예측으로

지진학의 금자탑이 되었으며 중국정부는 앞으로 모든 지진을 예측하겠다고 장담한 바 있다. 그러나 그 후 전혀 틀린 예측도 있었다. 예를 들어 76년 8월 광둥성에서 지진예측이 있어 많은 사람들이 두달간 천막에서 지내거나 홍콩으로 갔으나 결국 지진은 발생하지 않았다.

가장 치명적인 예측의 실패는 76년 7월 27일 탕산지방에서 있었다. 이는 베이징에서 150km 떨어진 공업도시로서 모든 지진학자들은 이 일대에서의 지진을 전혀 예측하지 못했다. 중국정부는 이 지진의 피해규모를 발표하지 않았지만 비공식 조사 결과 약 24만 2천 명이 사망했고 78만 명이 부상한 것으로 알려졌다. 그 곳에서 멀리 떨어진 베이징에서도 진흙벽과 오래된 벽돌집이 무너져 약 100명이 사망했다.

여러 정황을 종합해 보건대 아직 지진을 예측할 수 있는 시스템은 확보되지 않았으며 75년 만주지진의 예측은 지진학자들의 노력 이외에도 정부의 지속적인 관심과 사회적 인 정책, 분명하게 나타난 전진(前震), 그리고 다소의 행운 등이 결합되어 가능했던 것으로 보인다.

그렇다면 결론을 내리자. 우리 나라에서 대규모의 지진이 일어날까? 그럴 수도, 아닐 수도 있다. 앞으로 지진예측이 가능할까? 알 수 없다. 그렇다면 지금까지 지진을 연구한 모든 사람들의 노력은 헛수고였는가? 그렇지 않다. 모든 과학이 그렇듯이 중요한 것은 연구해 나가는 과정에 있기 때문이다. ㉞



지진으로 파괴된 건물 (터키 아프온, 2002년 2월·위 중국 신장, 2003년 2월·아래)