

지진포커스

Earthquake Focus

통권 5호

발간사

칼럼

지진조기경보서비스의 시행과 과제

Focus 1 지진·지진해일·화산

2014년 한반도 지진 어떻게 볼 것인가?
동해의 지진해일에 대한 최근 연구동향 소개 및 향후 대책 방안
지구관측위성을 이용한 백두산 모니터링

Focus 2 지진·지진해일·화산의 관측 및 경보에 관한 법률

지진·지진해일·화산의 관측 및 경보에 관한 법률 해석
지진·지진해일·화산 관측관련 법제 정비 방안(II)

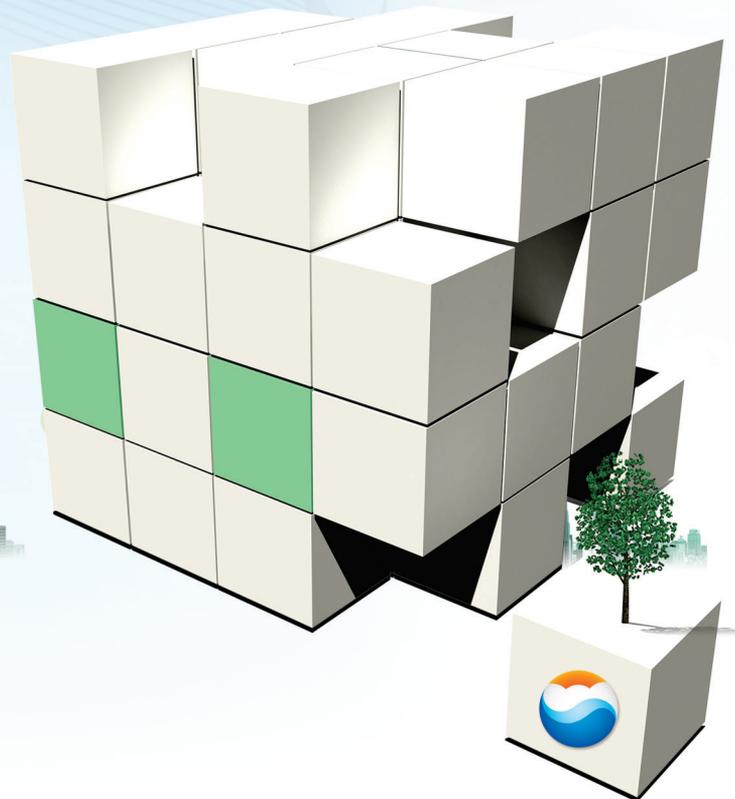
Focus 3 지진조기경보

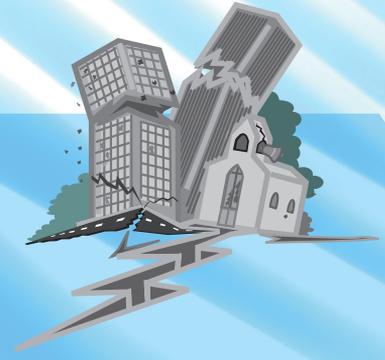
지진조기경보시스템 세계적 운영 현황
지진조기경보체제의 성공적인 시행을 위한 준비
지진의 사회경제적 피해와 지진조기경보

특별 기고문

원전부지의 지진안전성
GNSS를 이용한 지진모니터링 현황 및 한반도 지각변동 경향
굴지득금(掘地得金)!, 소중한 3일의 기억

사진으로 보는 기상청 지진 주요뉴스





2014년 한반도 지진 어떻게 볼 것인가?

연세대학교 지구시스템과학과 교수 홍태경

명종 1년 조선왕조실록에는 다음과 같은 기록이 있다. ‘서울에 지진이 일어났는데, 동쪽에서부터 서쪽으로 갔으며 한참 뒤에 그쳤다. 처음에는 소리가 약한 천둥 같았고 지진이 일어났을 때는 집채가 모두 흔들리고 담과 벽이 흔들려 무너졌다. 신시(申時)에 또 지진이 일어났다. 이 기록은 한반도에 강력한 지진이 있었고, 수차례 여진이 거듭하였음을 지시하고 있다. 이와 같은 강력한 지진은 조선왕조실록에만 수차례 기록되어 있다. 이들 지진 중에는 규모 7.0에 육박하는 지진으로 평가되는 지진들도 포함되어 있다. 이러한 강력한 지진은 조선시대 뿐 아니라, 삼국시대와 고려시대 역사 기록물에도 발견된다.

특히 서기 779년 삼국사기 기록에는 지진으로 경주 지역에서 100명이 넘는 인명피해 기록이 남아 있다. 한반도 내의 강진 기록은 근대적 지진관측기록에도 확인되며, 1953년 평양인근 강서지역에서 발생한 지진의 규모는 6.3에 이른다. 이 지진은 중국, 러시아, 일본 등의 인접 국가 지진계에 잘 기록되었다. 이러한 강진은 인구 밀집 지역에서는 많은 인명 피해를 야기할 수 있는 지진이다.

우리나라에서는 1978년부터 기상청 주도의 지진 관측이 시작되었다. 이 지진 관측기록을 보면, 한반도에서는 매년 일정한 지진 발생빈도를 보인다. 하지만, 이러한 지진 발생빈도는 2011년 3월 11일 규모 9.0 동일본 대지진을 기점으로 큰 폭으로 증가한다. 또한, 매우 규칙적인 지진 빈발기와 소강기를 반복하며, 지진이 발생하는 특징을 보인다(그림 1). 동일본 대지진 직후부터 45일간 규모 2.5 이상의 지진이 총 9차례의 한반도에서 발생하였다가, 바로 이어진 33일 동안은 규모 2.5 이상의 지진이 한 차례도 발생하지 않는다. 이후 133일간 총 32차례 발생하고, 이어진 134일간은 4차례로 매우 적은 숫자의 지진이 발생한다. 또한 이어진 222일간은 총 25차례 발생하고, 그 이후 205일간은 6차례 발생하고, 다시 243일간 총 47회 발생하고, 이어진 103일간은 5회 발생하는 등 지진 빈발기와 소강기가 반복적으로 관측된다. 현재는 지진 발생 소강기에 해당되는 시기이며, 이 시기가 향후 얼마나 지속될지는 한반도에 작용하는 배경 응력장의 동일본 대지진 이전의 응력장으로의 회복 여부에 달려 있다. 동일본 대지

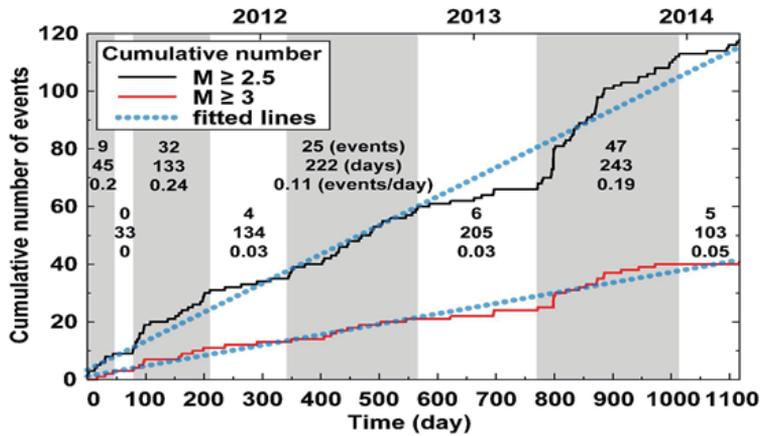


그림 1. 동일본 대지진 후 시간에 따른 누적 지진 발생 변화

진 후의 한반도 지진 발생의 또 다른 특징은 해역지역의 지진이 가파르게 증가했다는 점이다. 1995년부터 동일본 대지진 전까지의 한반도 지진은 해역과 육상의 지진이 50.7% : 49.3%로 엇비슷하게 발생하다가, 동일본 대지진 후 72.6% : 27.4%로 해역지진이 압도적으로 증가했다는 점이다. 2013년에 서해 백령도와 보령 인근 해역에서 집중적인 지진 발생이 보고되기도 하였다. 이와 더불어 규모 4.9

이상의 지진이 3차례 연거푸 서해 해역에서 발생하는 등 우려스러운 지진 발생을 보여 왔다. 이러한 해역 지진의 가파른 증가는 동일본 대지진 후 동일본 대지진이 한반도에 미친 영향과 밀접한 관련이 있다.

동일본 대지진이 한반도에 미친 영향은 크게 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 하나는 동일본 대지진 직후 발생한 강력한 지진파의 효과이고, 다른 하나는 동일본 대지진으로 야기된 한반도의 이동에 따른 효과이다. 동일본 대지진 발생과 함께 발달한 강력한 지진파는 수 분만에 한반도에 도달했다. 이 강력한 지진파는 한반도 지각내의 응력을 일시적으로 증가시키는 역할을 하며, 여러 유발지진(triggered earthquake)을 연쇄적으로 발생시켰다. 강지진동에 의한 유발지진 발생은 매질내의 임계 응력 값의 감소를 가져왔고, 유발지진이 발생한 지역을 중심으로 매질의 약화를 가져왔다. 또한, 강력한 지진파 전파와 함께, 한반도는 동일본 대지진의 진앙 방향으로 동쪽 해안 지역에서는 약 5cm, 서쪽 해안 지역에서는 1cm 이동하였다. 이러한 차별적인 이동은 한반도 내에 일시적인 장력 환경을 조성하였다. 이 장력 환경은 한반도에 본래 작용하던 압축력 환경을 일시에 완화시키며, 매질 공극 내에 있던 물의 이동을 순조롭게 한다. 공극 내 물의 이동은 공극압 증가를 불러오고 결과적으로 매질이 견딜 수 있는 임계 응력 값의 저하를 가속화 시킨 것으로 분석된다. 이후 한반도의 배경 응력장은 동일본 대지진 전의 배경 응력장으로 조금씩 회복되면서 지각 내에 쌓이는 배경 응력장의 효과에 의해 지진이 증가한다. 이때, 배경 응력장은 한반도 전역에서 증가하므로 지각 여러 곳에서 동시 다발적으로 지진이 발생하며, 이러한 응력의 풀림과 쌓임의 반복으로 지진은 빈발기와 소강기를 반복하며 발생하는 것으로 판단된다. 특히, 물에 의한 공극압 증가가 비교적 용이한 해양지역에서 보다 많은 지진이 예상되며, 이는 동일본 대지진 후 해역 지진의 압도적 증가를 잘 설명해 준다. 동일본 대지진 후의 이러한 지진 발생률 증가는 배경 응력장이 완전히 회복될 때까지 지속될 것으로 예상된다.

동일본 대지진 후 보이는 여러 지진 발생 특징은 지진재해적 측면에서 여러 의미를 가진다. 지금까지 보고된 다양한 연구에 의하면 한반도에는 조선시대에만 수차례의 규모 7에 육박하는 지진이 발생했다. 이러한 강진은 한반도 계기지진 관측이 공식적으로 시작된 1978년 이후로 아직까지 발생한 바 없다. 지역별 발생 가능한 지진의 규모가 매질의 특성과 응력 환경 등 여러 요소에 의해 고유하게 결정되고, 1953년 강서지진의 예에서 보듯이 중대형 지진의 발생 가능성은 언제나 상존하고 있다. 배경 응력장과 매질 특성이 유지되는 한, 지진은 주기성을 띤다. 하지만, 다양한 지진 유발 요소 가운데 하나라도 변화하는 경우, 이러한 지진 주기성은 유지되지 않으며, 지진 발생시기가 앞당겨 질 가능성이 높다. 이런 측면에서 동일본 대지진이 미칠 파급 효과를 간과하기 어렵다. 더욱이 동일본 대지진 후 내륙에서 지진 발생빈도가 해역에 비해 낮고, 중규모 이상의 지진 발생 횟수가 적은 것을 감안해 볼 때, 향후 내륙에서 중규모 이상의 지진이 발생할 가능성을 배제하기 어렵다. 이러한 내륙 지진은 한 번의 발생으로 많은 인명 피해와 재산 피해를 야기할 수 있다.

지진이 발생 가능한 후보 지역은 역대 지진 발생빈도가 높았던 지역을 꼽을 수 있다. 이들 지진 발생 빈발 지역은 그 외의 지역에 비해 단층 분포가 높고, 매질의 강도가 낮은 까닭이다. 더욱이 최근 연구 결과에 의하면, 한반도 지진 발생 분포 형태와 공간적 진도 이상 분포에서 많은 상관성이 있음이 확인되었다. 높은 진도 이상 값을 보이는 지역은 주변 지역에 비해 피해 유발 지진동의 강도가 상대적으로 강함을 의미한다. 지진 분포와 진도 이상값 분포의 유사성은 지진이 많이 발생하는 지역에서, 지진동도 더욱 증폭되어 나타나, 피해가 더욱 커질 수 있음을 의미한다. 그러므로 이러한 높은 진도 이상 값이 높은 지역은 특별히 더욱 관심을 가지고 지진재해에 대한 대비가 필요하다.

지진의 대한 효과적인 예보 방법이 없는 상황에서 적극적인 사전 모니터링과 다양한 기초자료 수집이 재해를 줄일 수 있는 최선의 방법이다. 우리나라는 내륙 지역에서 비교적 고르고 높은 관측소 밀도를 보인다. 이러한 지진관측소 분포는 내륙 지진의 경우, 매우 신속하고 정밀한 평가를 가능케 한다.

하지만 해양 지진의 경우, 일부 도서지역과 해안에 분포된 관측소만으로 그 정확도와 미소지진 탐지 등에 어려움이 많다. 많은 지진들이 해양지역에서 발생하는 상황에서 효과적인 해양지역에 대한 지진 모니터링 시스템 구축이 필요하다. 또한, 지진이 빈발하거나 과거 큰 지진이 관측되었던 지역을 중심으로 정밀한 지각 연구가 필요하다. 수도권 지역은 이런 면에서 많은 관심이 필요하다. 계기지진 자료에는 낮은 지진 발생 특성을 보이는 수도권 지역은 조선시대에는 많은 피해 사례를 남겼기 때문이다. 수도권 지역에 주기가 긴 중대형 지진이 발생할 가능성이 높음을 지시한다. 위험이 예상되는 여러 지역에 대해 하나씩 기초자료를 축적하고, 지각 내 단층 존재 가능성에 대한 다각적 연구가 필요하다. 이 동식 지진계를 활용한 정밀한 지각 구조를 확인하고, 고지진 연구와 함께, 적극적인 미소지진 탐지 분석이 동반되어야 한다. 앞으로 있을지 모를 지진재해에 대한 적극적이고, 선제적인 대비가 필요하다.



지진커뮤니티, 땅울림

EarthTwist 땅울림

세상에 하나밖에 없는 지진커뮤니티
<http://www.facebook.com/EarthTwist>



기상청은 「국가지진업무」를 총괄하고 있습니다.
지진·지진해일·화산 관측과 감시를 위한 기상청의 활동은
FACEBOOK 땅울림 에서 만날 수 있습니다.

정책, 관측, 기술, 연구, 산업이 한 자리에서 어우러질 수 있도록
여러분의 활동·소식·생각도 땅울림 에서 공유해주세요.



기상청 Korea Meteorological Administration

서울시 동작구 여의대방로 16길 61(기상청길 45)
Tel. 02-2181-0765 / Fax. 02-841-7664
<http://www.kma.go.kr>