



# 우리나라의 지진발생과 안전대책



승철호  
서울시립대 도시방재안전연구소 연구위원

## 1. 지진 어떻게 볼 것인가

지난 2004년 10월 23일 17시 56분경 일본 니카타현에서 규모 6.8의 지진발생으로 사망 40명, 부상자 2,869명, 이재민 10만여 명이 발생했다. 이는 지난 1995년의 일본 고베지진이 규모 7.2에 고베시에서만 4,569명의 사상자가 발생하였던 지진에 비하여 피해가 적었다. 그렇지만 진원지인 니카타현을 비롯하여 강도가 큰 진도5(JMA 기준) 이상의 유감지진이 나타난 지역만도 주변 4개현에 걸쳐 총 18회를 기록하고 있다. 지진발생일로부터 1개월여가 지난 시점에서도 진도 5 이상의 유감지진이 발생할 확률이 20%정도에 이를 정도로 장시간에 광범위한 지역

에 걸쳐 발생하였으며 현재에도 그 위험은 상존하고 있다.

이에 대한 우리의 반응은 그저 “우리나라에서도 지진으로부터 안전한가, 아닌가?” 하는 정도이다. 다른 나라에서 대규모 지진발생과 피해소식이 뉴스에 등장할 때마다 같은 의문에 일반적으로 오가는 화두이다. 이는 단순히 지진발생 여부 자체라기보다는 우리나라도 과연 일본이나 미국, 대만, 터키 등에서 발생한 지진과 같이 대규모의 인명과 재산피해를 동반하는 지진이 발생할지 여부에 대한 의문으로 보인다.

같은 의문이지만 그래도 다행인 것은 종전에는 ‘우리나라에서는 지진이 발생하지 않을 것’이라는 근거도 없는 무시론에서 ‘이제는 발생할 수도 있는데 설마

내가 피해를 당하지는 않겠지' 라고 하는 방관론적 시각으로 바뀌었다는 점일 것이다. 현재 한반도에 살고 있는 대한민국은 지진으로 인하여 직접 피해경험은 물론 피해를 당했었다는 간접경험을 전수받은 적도 없는 사람들만이 살고 있다. 그래서 의문도 '괜찮겠지' 라는 답을 요구하면서 물어보는 자기만족적인 물음에 불과하다. "지구상 어느 곳도 지진으로부터 안전한 지역은 존재하지 않으며, 단지 지진발생 빈도와 강도, 그리고 피해의 차이만이 있을 뿐이다."라는 평범한 진리는 모두들 인식하고 있다고 볼 수 있다.

그래서 우리나라도 지진피해에 있어서 결코 안전지대가 아니라는 것을 받아들이는 수준에서 막연한 불안감은 있으나 그에 따른 대비의 필요성에서 대책의 수립과 시행단계에 이르게 되면 '꼭 그럴 필요가 있을까, 그보다 더 시급한 과제가 얼마나 많은데' 라는 부정적 반응을 보이는 경향이 있다. 이에 비하여 지진 분야의 전문가들은 우리나라에도 대규모 지진 발생 가능성을 이야기하면서 지진대책의 필요성을 강조하고 있으나 사회적 관심을 불러일으키지는 못하는 실정이다.

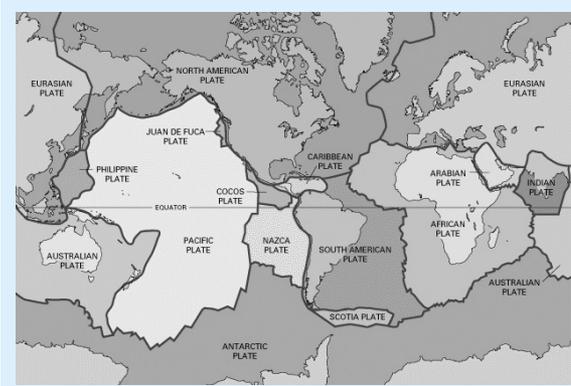
그렇다면 우리나라에서 지진은 어느 정도 위협하며, 어떻게 받아들여야 하는가, 그리고 그에 대한 대책의 어떠한 관점에서 어느 정도 수준으로 가져가야 하는지에 대한 논의부터 필요하지 않을까 생각한다.

## 2. 한국의 지진발생구조

지진은 지구의 지표층을 구성하고 있는 지각의 흔들림 현상을 의미한다. 대형차량이 지나갈 때와 같은 단순한 충격에서부터 단층현상이나 함몰에 의한 지

각의 변형, 화산현상 등에 의하여 발생한다. 이와 같이 실제적으로 우리가 인지할 수 있는 현상도 있지만 실제적 지진피해를 유발하는 대부분의 지진은 지구의 구조에 기인하는 것으로 파악되고 있다.

지구의 최외곽을 구성하고 있는 지각은 [그림 1]에서 보는 바와 같이 맨틀 위에 떠있는 십 수개의 지판으로 나누어 구성되어 있는데, 이들 지판 간의 상대운동과 밀접한 관련이 있다. 즉 지판 간에 서로간 수평운동에 의하여 부딪히거나 충돌에 의한 에너지가 지각을 통하여 전달함으로써 지각 위에 인류의 모든 일상생활의 기반에 영향을 미치게 되는 것이다. 따라서 지판 간의 경계선에는 끊임없이 수없는 지진이 발생하고 있으며, 이를 판경계부 지진이라고 한다.



출처 : <http://www.iris.edu/seismon/html/plates.html>

[그림 1] 지구의 주요 판구조도

한반도의 경우는 판경계부로부터 떨어진 지역에 위치하고 있어 판경계에서 발생하는 충돌 에너지가 모두 전달되는 것은 아니다. 지진파가 지각을 통하여 전달되면서 증폭 또는 감쇄현상의 반복으로 대부분의 지진파는 소멸되는 것이 일반적이거나 때로는 큰

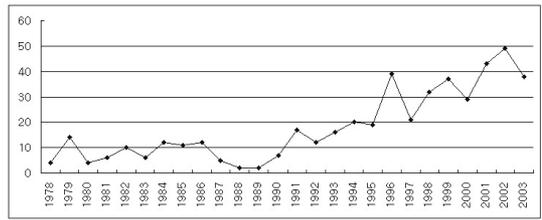


지진파 에너지가 전달되어 피해가 발생하는데 이를 판내지진(Intraplate Earthquake)이라고 한다. 지구상에서 발생하는 지진피해의 90% 이상은 판경계에서 발생하고 있다.

한반도는 [그림 1]에서 보는 바와 같이 유라시아판(Eurasian Plate) 위에 위치하고 있으며, 주변에는 태평양판, 필리핀판, 인도판 등이 인접하여 있다. 따라서 한반도의 지진은 이들 판 간의 상대운동 에너지와 밀접한 관련이 있으나 아직까지 의견만 무성할 뿐 어느 판과의 충돌로 발생한 것인지에 관한 정확한 실체를 밝혀내고 있지는 못하고 있다. 그러하니 이들이 언제 어떻게 부딪히고 충돌하여 지진을 발생시킬지는 더욱 알기 어려운 것이다. 그래서 지진발생은 예측하기가 더욱 어려운 것이다. 전 세계적으로 매년 규모 3.0 이상의 지진은 약 100,000회, 그리고 피해를 줄 수 있는 규모 5.0 이상의 지진만도 연 100회 정도 발생하고 있다고 한다.

이와 같은 관점에서 한반도에서도 지진은 발생할 수 있으며, 발생하고 있고, 발생한 적이 있다. 그것도 1995년 일본의 한신아와지 대지진, 1999년 대만이나 터키 지진, 그리고 2004년의 니카타 지진과 같은 규모의 지진이 발생한 적이 있다. 우리나라에서도 그동안의 역사기록을 살펴보면 지진피해가 기록된 진도 VII(MMI)이상의 지진이 45회 정도 발생한 것으로 나타나 있다. 역사기록상 한반도에서 현재까지 밝혀진 유감지진은 약 1,800여회, 진도 5 이상이 약 400회 정도 나타났으며, 큰 규모의 지진이 발생할 당시에는 중소규모의 지진의 발생빈도도 높아진다고 한다.

최근에 이르러 [그림 2]에서 보는 바와 같이 한반도에서 중소규모 지진의 발생빈도가 높아져 가고 있다는 사실이 지진발생에 대한 위험과 경각심을 일깨워주는 하나의 참고자료가 될 수 있을 것이다. 규모 5.0 이상의 지진은 1978년에 홍성지진(M=5.0)과 속리산 지진(M=5.2), 2003년 백령도 해역 지진(M=5.0), 2004년에 울진해역 지진(M=5.2) 등이다.



[그림 2] 최근의 한반도(남한) 지진발생 빈도의 변화추이 (1978-2003, M)2.0

### 3. 지진안전대책 유형

우리사회에 피해를 가져다 줄 수 있는 규모의 지진발생 가능성, 나아가 대규모 지진발생 가능성, 특히 최근과 같이 중소 규모의 지진활동이 다시 증가하는 경향에 비추어 볼 때 인명과 사회경제시스템에 큰 피해를 초래할 수 있는 대형지진재해 발생의 가능성을 배제할 수는 없는 상황에 대비하여 우리가 취해야 할 지진안전대책은 무엇인가?

일반적으로 들고 있는 지진대책은 지진발생을 사전에 예측하여 대피하는 지진예측시스템, 지진 발생 시 이를 신속히 전달하여 대피하는 조기경보시스템, 지진발생 시 피해를 최소화하기 위한 내진설계, 그리고 지진발생 후 피해를 최소화하기 위한 신속대응

시스템 등으로 크게 구분하고 있다.

### 가. 지진예측시스템

지진이 발생하기 전에 이를 미리 예측하여 예보하여 주는 방법으로 가장 좋은 방법일 수 있다. 즉 지진이 발생하기 전에 나타나는 지진파 P파의 속도, 지평면 수준, 라돈가스 방출, 암석의 전기저항값, 지진활동 빈도, 동식물 움직임 등의 변화인 전조현상을 관측하여 예보할 수도 있으나, 그러한 예는 다소의 행운이 결합되어 가능했던 극히 드문 사례에 속한다. 대부분의 지진은 이와 같은 전조현상 없이 발생하고 있어 매우 비현실적인 대책으로 볼 수 있다.

### 나. 조기경보시스템

비록 지진발생 시기와 장소, 규모는 예측할 수 없다 할지라도, 지진발생 시 피해를 초래할 수 있는 지진파의 도달을 미리 알려주어 대비책을 강구할 수 있도록 하는 지진조기경보시스템이 여러 나라에서 연구되고 있거나 실제로 운영되어 좋은 결과를 얻고 있다. 이 시스템에는 전자파의 전파속도가 지진파의 전파속도보다 훨씬 빠르다는 것을 이용한 두 가지 방법이 이용되고 있다.

진앙지에서 지반운동의 세기를 원격 측정하여 원거리에 있는 도심지에 사전경보를 보내는 방법과 피해를 초래하는 S파 또는 표면파는 P파보다 전파속도가 느리다는 점에 착안하여 S파 도달 전에 사전경보를 보낼 수 있는 방법 등이 활용되고 있다.

이는 지진경보와 지진피해파 도달시간 간 경우에 따라 다르지만 수초나 길어도 30초 이내여서 근본적인 대책은 아니지만, 지난 2004년 일본 니카타 지진

시와 같이 신간센 고속철도가 지진파가 도달하기 수초 전에 정보를 전달받고 작동을 멈춤으로써 치명적인 사고를 예방할 수 있도록 하는 경우에 활용될 수 있는 방법이다.

### 다. 내진설계 및 내진성능향상

내진설계는 지진재해의 발생 확률과 세기를 과학적으로 구명하고 공학적으로 정량화한 후, 사회기반시설과 구조물을 사회경제적 측면을 고려하여 보호하는 공학적인 대책이다. 지진 하중을 구조물의 설계 시에 고려하는 내진설계는 극히 최근에 일본, 미국, 뉴질랜드 등에서 발달한 것으로 주로 구조물에 수평방향으로 작용하는 횡방향 하중에 저항할 수 있도록 하는 대책이다. 1995년 한신아와지 대지진 이후에는 직하형 지진에 대한 내진구조도 활발히 연구되고 있다.

내진설계는 최소한의 붕괴방지수준과 기능수행수준으로 구분하여 최소한 구조물에 있어 변형은 있더라도 붕괴를 방지하여 인명피해로 연결되는 것을 막도록 하는 수준에서 접근하고 있다. 그리고 노후화된 건축물이나 내진설계가 적용되지 않은 건물에 대한 내진성능을 확보하기 위하여 강도증강법, 지진격리장치를 비롯한 각종 지진보호시스템 등으로 내진성능을 향상시키는 방법이 다양하게 활용되고 있다.

### 라. 지진 후 신속대응시스템

1995년 1월 17일 발생한 한신아와지진에 대한 일본정부가 취한 즉각 대응은 후에 호된 비판과 질책의 대상이 되었다. 그 반면에 1994년 1월 17일 미국 캘리포니아에서 발생한 Northridge 지진에서는 미국연방정부의 대응이 대단히 신속하였다고 한다.



지진발생 시에 인명피해를 최소화하기 위해서 신속 대응한다는 것은 먼저 피해규모와 범위가 최대한 시간에 파악되어야 하고 이에 대한 대책이 지체 없이 시행된다는 것을 의미한다.

신속대응시스템은 신속한 대응조치를 취하는데 필요한 지진피해와 대응시나리오의 정확성이 확보되어야 하는 것으로 그 기본은 지진피해 추정의 정확성이 확보된 지진피해평가시스템의 구비이다. 지진피해평가시스템은 지진에 의하여 대상지역에 발생하는 지진피해의 규모와 범위를 계산한 것을 의미하며 다수의 지진원에 대하여 피해시나리오를 작성하고 이에 대응할 수 있는 시나리오 데이터베이스를 사전에 구축하여 놓은 시스템을 말한다. 지진피해평가를 위해서 필요한 요소는 ① 지반운동 세기의 분포, ② 건물과 기간시설, 교통시설, Lifeline 등에 관한 Database, ③ 인구분포, 산업시설 현황 등 간접적 손실평가에 필요한 Database, ④ 물리적 피해와 사회/경제적 손실을 계산하는 연산 Software, ⑤ Database 구축과 Management 및 Display를 위한 GIS Software 등이다.

지진피해평가시스템에 의하여 계산된 지진피해평가는 지진재해경감정책의 개발, 사전대비계획, 긴급 대응계획 개발 및 시험, 구호 및 복구계획 수립을 사전에 과학적·공간적인 근거를 제공할 수 있게 해준다.

#### 4. 우리나라 지진안전대책의 방향

1999년 1월 25일 콜롬비아의 Armenia시에는 규모 5.8의 지진이 발생하였고 이로 인하여 약 1,000명이 사망하였으며 부상자 수도 4,000명에 이르렀

다. 물론 이렇게 큰 피해가 발생한 원인은 기본적으로 내진설계의 부재에 기인한 것으로 보여지며, 지진발생 후 대응단계에서 지진 후 신속대응시스템이 전혀 가동되지 못하였다는 점이 더욱 큰 피해의 원인이 되었다고 한다.

일본정부는 고베지진 후 효고현 고베시에 EDM센터(Earthquake Disaster Management Center)를 설립하고 지진에 의해서 발생할 수 있는 피해를 공학적으로 정확하게 예측하는 평가기법과 지진 시 신속한 대응방법에 관한 연구를 집중적으로 추진하고 있다.

미국의 FEMA에서는 오래전부터 지진피해평가시스템인 HAZUS를 개발하여 Northridge 지진 시 활용하여 효과를 본 바도 있으며, 주정부와 산하 지방정부에 배포하고 이를 이용하여 지진피해를 예측한 후 그에 근거하여 대응계획을 수립하도록 권고하고 있다. 타이완도 1999년 지진 이후 HAZTAIWAN을 개발하여 대응하고 있다.

이와 같이 미국이나 일본, 타이완과 같이 지진다발국가들에서는 지진발생 메카니즘의 연구를 통한 예측, 조기경보, 내진설계 등의 분야에 대한 연구개발 노력을 끊임없이 수행하여 왔다. 그러나 이러한 노력들에 의해서도 지진피해를 근본적으로 막을 수 없는 한계의 해결방안으로, 최근에 이르러서는 지진피해평가시스템 구축을 통한 신속대응시스템 구축에 보다 많은 정책비중을 두는 방향으로 변화되고 있다.

우리나라와 같이 세계적으로 지진발생의 빈도가 비교적 적은 판내지진, 규모는 중약진 지역에 속하고 있는 곳은 현실적으로 긴급하고 당면한 재해정책

이지도 얹으면서 막대한 경비가 소요되는 지진재해 대책을 중점적으로 추진하기에는 한계가 있다. 무엇보다도 내진설계대책은 기본적 사항으로서 이론의 여지가 없다. 우리나라도 1972년에 원자력구조물에 대한 내진설계를 시작으로 1988년에 건축물, 1991년 고속철도, 1992년 도로교량, 1993년 댐 등을 비롯하여 현재까지 자연재해대책법에서 지정하고 있는 20개 법정시설물에 대하여 내진설계기준을 마련하여 시행하고 있다. 그러나 우선 기준이 국내의 지진이나 지반, 구조물의 특성을 제대로 반영하지 못하고 있어 이에 대한 보완 필요성이 시급한 것으로 나타나고 있다.

내진설계와 같이 시설물을 내진기준에 적합한 구조로 변모시킨다는 것은 우리나라의 현실에서 장기적인 시간을 요하는 사업이다. 내진설계기준에 적용되지 않은 시설구조물이 더욱 많은 비중을 차지하고 있는 현실적 구조기반에 지진이 발생할 경우 이에

대한 대책은 과연 무엇인가 하는 점이다. 이러한 점에서 미국, 일본 등 선진국에서 시행하고 있는 지진 피해평가시스템을 기반으로 한 신속대응시스템 구축이 차선이자 최선의 대안이 될 수 있을 것이다.

이미 살펴 본 바와 같이 지진 발생 시에는 현재까지 우리가 경험하고 있는 대부분의 자연적, 인위적, 사회적 재난이 다양하게 복합적으로 발생하고 있다. 따라서 지진피해평가시스템을 기반으로 한 신속대응시스템의 구축은 일상적으로 발생하는 재난에 대한 대비를 보다 과학적이고 체계적으로 접근하는 대책이기도 한 것이다.

지진이나 화재, 풍수해 등 재난대책의 최우선 순위는 현실적으로 다가오는 재난의 위험으로부터 인명과 재산피해를 최소화할 수 있는 대응대책을 우선 구축하고, 다음으로 재난피해를 항구적으로 방어할 수 있는 장기적인 예방대책에 소홀하지 않는 것이 접근전략의 제1의 원칙이라고 할 수 있다. ㉞

## 참고 문헌

1. 국립방재연구소, 2001. 12. 내진설계제도 및 기준에 관한 연구(1)
2. 서울시·도시방재안전연구소, 서울시 지진방재 행동매뉴얼 작성 및 운용(1), 2002. 8.
3. 서울시·도시방재안전연구소, 서울시 지진방재 행동매뉴얼 작성지침 개발연구, 2001. 7.
4. 서울시·도시방재안전연구소, 조적조 건축물에 대한 내진보강 방안, 2001. 6.
5. 서울시, 서울시 지진 대응모델 개발, 1999. 5.
6. 송철호, 2002. 3. “지진방재 행동매뉴얼 작성기법 및 구성체계”, 한국도시방재학회, 한국도시방재학회 2002년도 학술대회발표논문집.
7. 송철호, 2000. 11., “서울시 지진방재전략의 기본구상”, 서울특별시, 「2000 서울국제학술심포지움 - 서울시 지진재해 대응전략 모색」(2000. 11. 13-14).
8. 행정자치부·도시방재안전연구소, 위험물시설 지진방재대책 연구, 2001. 12.
9. 地震対策研究会, 1997, 「地震防災対策ハンドブック」, ぎょうせい
10. 鹿島都市防災研究会, 1996, 「地震防災と安全都市」, 鹿島出版會
11. County of Fairfax, Virginia, 1997, Disaster Operation Plan