

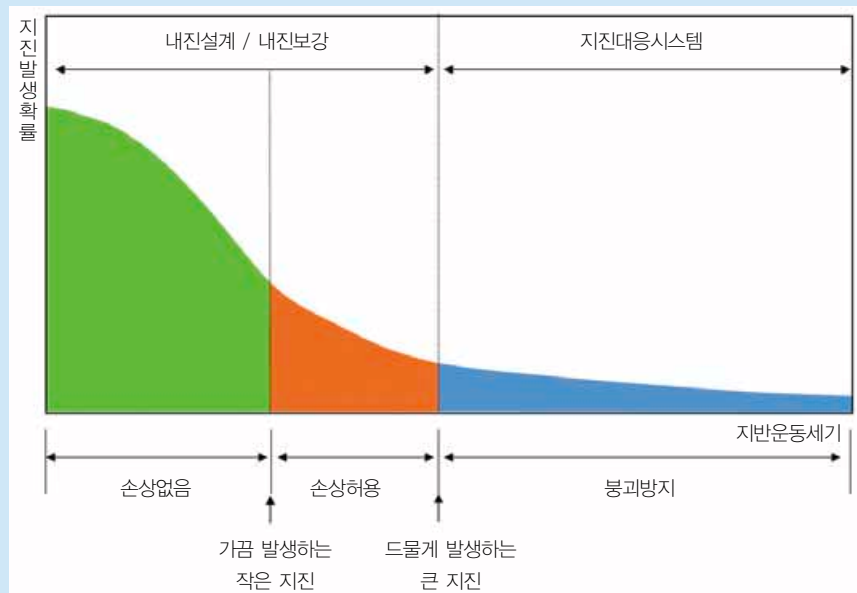
IT와 인공지능을 접목한 '똑똑한' 지진대응시스템

08

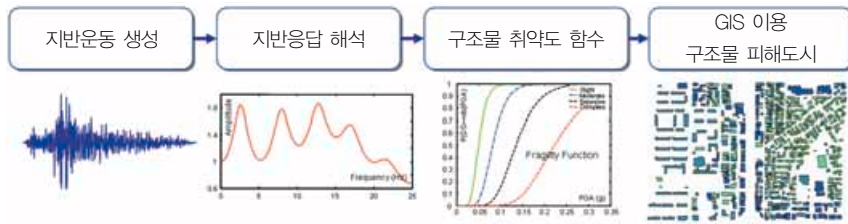
글_ 김재관 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수 jkwankim@snu.ac.kr

2004년 12월 26일 수마트라 앞바다에서 규모 9.0의 거대 지진이 발생하였고, 이로 인하여 만들어진 대규모 지진해일이 인도네시아, 태국, 스리랑카, 인도 및 몰디브를 거쳐서 아프리카의 소말리아 해변까지 휩쓸면서 총 15만 명 이상이 사망하는 일대 참사가 초래되었다. 이보다 앞선 2004년 10월 23일에는 일본 니가타에서 규모 6.8의 강진이 발생해 35명이 사망하고 2천200명이 부상하였다.

두 지진은 규모면에서는 달랐지만 지진재해 대응에 있어서는 현격한 차이가 있었다.



<그림 1> 지진재해방지대책의 기본개념



〈그림 2〉 지진피해평가 절차의 예

즉, 수마트라 지진해일의 피해국들은 전혀 대비를 하지 않고 있었기 때문에 엄청난 인명피해를 낸 반면, 일본 니가타에서는 지진에 대한 사전 대비와 대응시스템이 잘 구축되어 있었기 때문에 그 피해가 최소화될 수 있었다고 한다.

최근에는 정보기술을 대응시스템에 접목하여 신속한 대피와 구조 및 복구가 가능하게 되고 있고 앞으로는 인공지능(AI)기술이 도입된다면 더욱 신속하고 효과적인 지진대응시스템이 개발될 것으로 예상된다.

지진 피해 '제로' 가능하나 비용 부담 너무 커

지진은 단층에서 발생하지만 지진이 발생하는 시간과 장소, 그리고 규모에 대해 미리 알기는 매우 어려운 무작위성의 특징을 가지고 있다. 그렇지만 미래에 발생할 수 있는 지진의 규모나 빈도에 대해서는 확률적으로 표현할 수 있다. 지진에 대한 대비는 예상되는 지진 위험에 대해 안전하게 건물과 교량 등을 건설하거나 효율적인 지진대응시스템을 구축하는 것이라고 할 수 있다.

지진으로 발생하는 피해를 전혀 보지 않도록 만드는 것이 공학적으로 불가능하지는 않지만, 사회경제적으로 지나친 비용부담을 발생시키기 때문에 현실적인 대책이 아니다. 자주 발생하는 작은 규모의 지진에 대해서는 피해가 없도록 내진설계와 내진보강을 통해서 대비하고, 드물게 발생하는 큰 지진에 대해서는 어느 정도 피해가 발생하는 것은 허용하되 그 범위를 제한하고, 지진 피해로부터 개인과 국가의 활동이 신속하게 회복하도록 하는 것이 국가 전체적으로 보면 더욱 효율적일 수 있다(그림 1 참조). 따라서 현재 세계 각국에서는 이 개념을 지진재해방지대책의 기본 개념으로 채택하고 있다.

손자(孫子)는 일찍이 병법의 가장 기본 원칙으로서 '지피지기면 백전불태'라고 말하였다. 이 원칙은 아무런 가감 없이 자연재해방지대책의 기본 개념으로도 적용될 수 있다. 즉, 지진이 발생할 때 그 피해의 범위와 정도를 미리 예측하고 그에 대한 적절한 대비책을 사전에 준비해야 한다는 것이다. 지진에 대한 대응을 사전 대응계획수립과 실제 지진이 발생하였을 때 가동하는 지진대응시스템으로 구분하여 살펴보자.

지진에 대한 대응계획을 수립하는 과정에서는 먼저 지진이 발생할 때 그 피해의 범위와 정도를 공학적으로 평가해야 한다. 현재 실제로 사용되고 있는 지진피해평가시스템으로는 미국의 HAZUS와 일본의 HERAS 등을 예로 들 수 있으며, 미국과 일본에서는 이러한 시스템을 이용하여 지진대응계획을 수립하고 있고 실제 지진이 발생하였을 때

피해를 조기에 평가하는 목적으로도 활용하고 있다.

피해·대응시나리오에 따라 대응계획 수립

지진피해평가 절차의 한 예를 든 〈그림 2〉는 이제 어느 정도 표준화되었다고 할 수 있다. 어느 도시에 대한 지진피해를 미리 평가하기 위해서는 먼저, 발생 가능성이 높은 지진의 규모와 위치를 가정한다. 그 다음에는 가정된 지진원에서 발생한 지진파가 도시까지 전파되는 경로의 영향을 고려하여 도시에서의 땅의 흔들림의 세기의 공간적 분포를 계산한다. 이때 표토층에 의해서 지반진동이 증폭되거나 특성이 달라지는 현상을 반영하여야 한다. 그리고 미리 해당지역에서는 구조물의 종류와 구조적 특성, 그리고 구조물별로 지진에 얼마나 취약한가를 나타내는 취약도에 대한 데이터를 실험과 해석적 방법을 통해서 구축하여 놓는다.

취약도 데이터와 앞서 계산된 각 지점에서의 진동의 세기나 시간이력을 지진피해평가시스템에 입력하면 각 구조물별로 가정된 지진에 대한 피해의 정도와 확률을 계산할 수 있다. 개개의 구조물에 대한 물리적 피해도 계산될 뿐 아니라 교통 네트워크 등에 대한 네트워크의 기능적 손상도 계산될 수 있으며 지역별 사상자수에 대한 추정과 경제적 손실에 대한 추정도 가능하고 나아가 복구비용과 소요시간에 대한 추정도 가능하게 된다. 그리고 GIS 툴을 이용하여 이러한 데이터를 공간적으로 도시하여 시각적으로 예상피해 상황 전체를 파악하는 것이 가능해진다.

지진피해평가시스템에 의해 피해시나리오가 작성되면 각 피해시나리오에 대응

하는 대응시나리오를 만들 수 있게 된다. 실제 지진이 발생하면 수분내로 지진원의 위치와 규모를 알 수 있고, 미리 준비된 대응시나리오에 따라 지진대응시스템을 신속하게 가동시킬 수 있다. 실제 미국과 일본에서 지진대응계획을 수립할 때는 이 방법이 사용되고 있다. 그리고 지진대응시스템도 피해시나리오와 대응시나리오에 근거하여 만들어져야 한다.

실제 지진이 발생하였을 때 가동하는 인텔리전트 지진대응시스템은 <그림 3>에 그 개념이 소개되어 있는 바와 같이 지진계망과 지진피해조기평가시스템, 대응조치 결정·조정시스템, 실시간 지진피해감시망, 정보전달시스템, 지휘본부, 대응



<그림 3> IT와 AI를 도입한 Intelligent 지진대응시스템의 개념

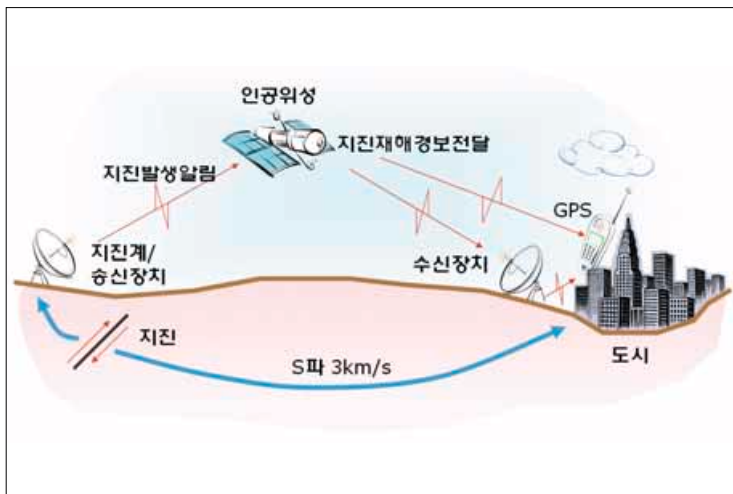
인텔리전트 지진대응시스템을 적용한 '조기경보 시스템'

인텔리전트 지진대응시스템을 적용한 예로 조기경보를 들 수 있다. 조기경보는 지진이 발생한 후에 예상되는 지반진동의 세기에 대한 정보를 지진파가 도달하기 전에 예방조치를 취해 큰 피해를 방지할 수 있게 하는 시스템이다. 지진해일의 경우에는 이미 실용화되고 있고, 이외에도 두 가지 경우에 더 적용되고 있다.

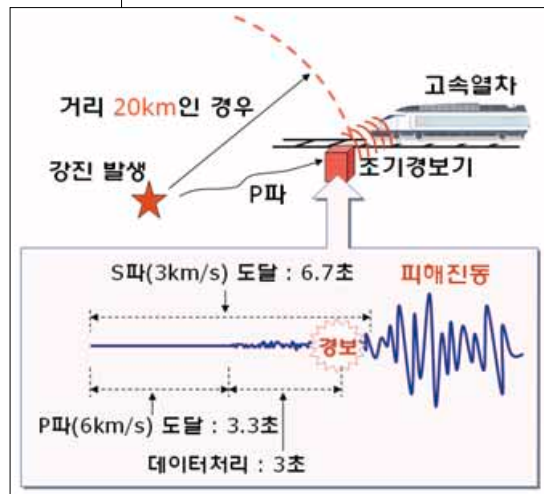
첫번째는 지진파의 전파 속도보다 전자파의 전파 속도가 훨씬 빠르다는 것을 이용하여 <그림 4>에서와 같이 진앙지에서 지반운동의 세기를 원격 측정하여 원거리에 있는 도심지에 사전 경보를 보내는 방법이다. 멕시코의 경우 태평양의 섭입대에서 주로 지진이 발생하는데 멕시코 시까지는 300km 이상 떨어져 있다. 이러한 경우 진앙지 근처에서 지진을 감지한 후 <그림 4>와 같이 전파로 도시에 알려주면 지진파가 도달하기 수분 전에 경보를 올려 주민들이 미리 대피할 수 있으며, 실제로 성공한 사례도 있다.

두 번째는 피해를 초래하는 S파 또는 표면파가 P파보다 전파 속도가 느리다는 점에 착안하여 <그림 5>와 같이 먼저 도달하는 P파의 신호를 분석한 후 큰 지반진동을 일으키는 S파가 도달하기 전에 사전 경보를 보내 비상조치를 취하게 함으로써 큰 피해를 예방하게 하는 방법이다. 일본에서 이러한 시스템(조기지진검지경보시스템, UrEDAS)이 개발되어 실제로 일본에서 고속 철도에 활용되고 있으나, 지난해 니가타 지진에서 드러났듯이 지진원에 근접한 지역에서는 P파의 도달시간과 S파의 도달시간의 차이가 작아서 현재의 UrEDAS의 효용성은 의문시되고 있다.

과거 지진피해사례로부터 유추하여 보면 우리 나라에서는 주로 규모 6 이하의 중진이 발생할 것으로 예상되며, 이 경우 피해를 초래할 수 있는 범위는 진앙지를 중심으로 좁은 지역에 한정될 것으로 보인다. 이미 니가타 지진에서 실증되었듯이 이러한 경우에는 선행시간이 극히 짧아 경보가 도달하기 전에 이미 강한 지진파가 도달하게 될 것으로 예상되기 때문에 우리 나라에는 적용하기 전에 타당성과 효용성을 신중하게 검토할 필요가 있다.



〈그림 4〉 인공위성을 이용한 조기경보시스템



〈그림 5〉 P파와 S파의 도달시간 차이를 이용한 조기경보시스템

시스템, 구조인력, 구호물자, 구호시설 등으로 구성돼 작동한다.

지진 발생시 '인텔리전트 지진대응시스템' 가동

공간적으로 분산하여 설치된 지진계망으로부터 지진 데이터를 측정하고 종합 분석하여 지진원의 위치와 지진의 규모 및 나아가 지반운동세기의 공간적 분포를 빠른 시간내에 평가한다. 이 과정은 자동화될 수 있으며, 수초에서 수분이 소요될 수 있다.

이 초기 데이터에만 이용해서 고속철도 등과 같은 주요 시설에는 운행중단 또는 단전과 같은 비상조치가 취해질 수 있고, 일반 시민에게는 지진경보가 발령되어 대피를 시킬 수 있다. 또한 대응시나리오에 따라서 지진대응조치가 취해지게 된다.


지진원의 위치와 지진의 규모 및 지진계망으로 파악된 개략적인 지반운동세기의 공간적 분포에 대한 데이터를 지진피해평가시스템에 입력하면 발생한 지진에 의하여 초래될 수 있는 지진피해의 정도와 범위가 빠른 시간내에 평가될 수 있다. 조기피해평가 결과에 따라서 대응조치가 취해질 수 있는 데, 이 단계에서 인공지능기술이 도입된다면 더욱 효율적으로 대응조치에 대한 판단이 내려질 수 있을 것이다. 그 후 피해 현장에서 수집되어 오는 피해 정보에 따라 피해 상황을 업데이트하고 대응책을 수정하게 된다.

실제 지진피해 상황은 CCTV, 헬리콥터, 비행기, 인공위성 등을 통한 영상으로 실시간 파악할 수도 있으며, 최근 휴대폰 등 여러 가지 수단을 통해서 얻을 수 있다.

지진 대응에 있어서는 피해상황과 구조 인력, 구호물자 및 시설에 대한 정보와 현황에 대한 각종 정보가 끊임없이 업데이트되어야 하고 이에 따라서 오퍼레이션이 조정되어야 할 것이다. 이 과정을 신속정확하게 할 수 있는 것이 바로 AI 기술이다.

그리고 피해와 구조, 구난 활동에 대한 현황은 일반 시민과 피해지역의 시민들에 다양한 매체를 통해서 신속하게 전달되어야 한다. 이 목적으로는 최근에 발전하는 유비쿼터스 통신기술의 활용도가 더욱 높아질 것으로 생각된다. 따라서 무엇보다도 이 대응시스

템에서 중요한 핵심 역할을 담당하는 것은 곧 신속하고 정확하며 튼튼한 정보전달시스템이 될 것이다.

‘우리 나라는 지진 안전지대인가’ 라는 질문은 이제 더이상 의미 있는 질문이 아니다. 중요한 것은 우리 나라에 지진 위험이 있다면 그 수준에 맞는 적절한 지진대응시스템을 갖추어야 한다는 것이다. 우리나라에서 급속하게 발달하고 있는 IT와 AI를 지진대응시스템에 접목한다면 세계에서도 가장 앞선 인텔리전트한 지진대응시스템을 개발하게 될 것이다. 이 시스템은 지진재해대응뿐 아니라 다른 자연재해와 인위재해에 대한 대응에도 적용될 수 있을 것이며, 우리 나라를 자연재해로부터 안전한 국가를 만드는 초석이 될 것으로 기대하고 있다. 



글쓴이는 미국 뉴욕의 RPI 공과대학에서 박사학위를 받았다. 한국지진공학회 부회장, 서울대학교 지진공학연구소 부소장, 분산공유형건설연구인프라 구축사업 추진연구단 단장을 겸임하고 있다.