한국형 지진재해대응시스템 구축과 발전방향
Establishment of Earthquake Disaster Response System of korea

정 길 호
소방방재청/연구관
ghjung@korea.kr

최 무 진
소방방재청/주무관
cmj2239@korea.kr

〈Abstract〉
최근 증가하고 있는 자연재해 중 지진재해가 전체 재해에서 차지하는 비중은 상대적으로 적지만, 빈도와 강도가 증가하고 있으며, 대응하기 위한 예측 체계가 거의 없다는 것이 어려운 점이다. 일본의 후쿠오카 지진 이후 내진설계 기준이 강화되고 있으나 실제 지진발생시 최대가속도의 크기와 전파속도에 대한 이론적인 연구는 있었지만 국가적 차원의 자료 구축은 거의 없었다. 2005년 이후 소방방재청에서 지진방재종합개선기획단이 구성된 이후, 각 기관에 산재된 GIS 자료를 수집하여, 지진상황에 맞는 자료로 가공하고 프로그램으로 구현하게 되었다. anyguide라는 지리정보 시스템과 Java 어플리케이션으로 구성된 프로그램을 통하여 과거의 지진자료와 측정지점에 대한 정보를 구축하였으며, 실제 지진 발생시에 지자체에서 대응할 수 있는 경보시스템을 동시에 구축하였다.
2007년 2월에 발생한 평창 주변의 지진발생시 시스템이 작동하여 실제 shake map과 hazard map이 작성되었으며, 실제 인명과 건물 파괴 비율을 검증할 수 있었다. 이처럼 지진에 신속히 대응하기 위해서는 최단 시간내에 피해의 규모와 범위를 파악하여야 하고, 이에 따라서 적절한 대응 조치를 취해야 하는 점에서 지진재해대응 시스템은 그 활용 범위가 계속 확대될 것으로 예상된다.

1. 서론

2009년 중국 쓰촨성 지진, 2011년 일본 대지진과 같이 최근 전 세계적으로 큰 지진이 발생하여 막대한 인명손실과 재산피해를 초래하고 있으며 우리나라는 환태평양 지진대에 위치하는 주변국보다 비교적 안전한 지역으로 인식되었으나, 최근 지진발생 빈도가 높고 지역이 확산됨에 따라 지진재해에 대한 우려가 고조되고 있다.

이에 따라 우리나라에서도 대규모 지진의 발생위험이 항상 존재하다고 볼 수 있고 국가차원에서 지진재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 피해를 최소화하기 위해서는 우리나라에서 강진이 발생하였을 경우 신속히 그 피해를 추정하기 위한 기술의 확보와 국가 주요시설물에 대한 필수기능을 파악하고 이를 유지하기 위한 대책 마련이 필요한 실정이다.

이에 소방방재청에서는 1995년 일본 한신대지진이

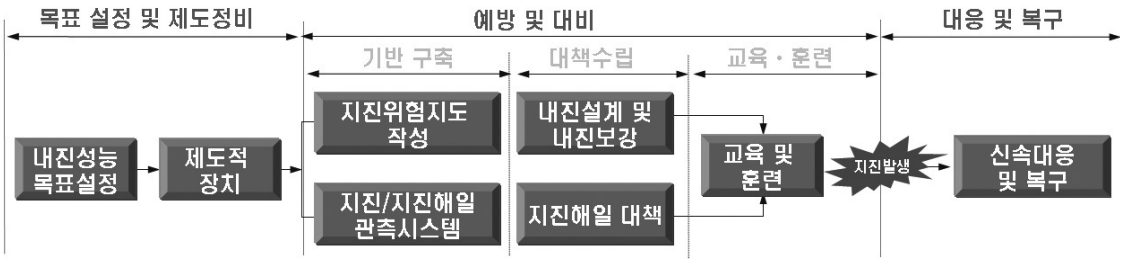

그림 1. 제 3차 지진방재종합대책 체계

그림 2. 지진재해대응시스템 구축 현황

발생한 이후 지진방재종합대책을 수립하기 시작하여 2005년 제 2차 지진방재종합대책을 수립하였으며, 우리나라가 더 이상 지진의 안전지대가 아니라는 인식하게 2008년 3월 지진재해대책법이 제정 · 공포되었고, 이 법이 2009년 3월부터 시행되면서 다시 한번 우리나라 지진방재종합대책의 수정 · 보완 필요성이 제기되어 제3차 지진방재종합대책을 마련하였다.(그림 1)

이러한 종합대책의 일환으로 지진 발생시 전국단위 진도분포도의 표출을 통한 건축물 피해 및 인명피해를 추계하기 위한 지진재해대응시스템 구축사업('06.8)을 완료하였으며, 지진 발생시 건축물 피해뿐만 아니라 다양한 시설물 피해가 발생되므로 실제에 가까운 지진피해를 예측하기 위해 주요라이프라인(도로, 가스, 전기, 상하수도, 통신) 시설에 대해서도 피해예측을 하기 위해 1차 시범사업에 이어 지진재해대응시스템 2차 구축사업을 실시하여 보다 현실적인 시스템으로 확대 구축하였다

2009년에는 지진재해대응시스템 고도화 사업을 진행하였으며 기존 시스템에 적용되어 운영되어진 미국

그림 3. 시스템의 기본적인 기능분류 정리

HAZUS기반의 지진손상함수를 대체하여 우리나라 실정에 적합한 건축구조물의 지진취약도 함수를 적용한 한국형 지진재해대응시스템을 구축하게 되었다(그림 2)

2. 시스템의 기본 기능

본 시스템은 인터넷 기반의 GIS 시스템으로 구축되었으며 각 세부적인 기능구현은 java servlet을 사용하여 구현이 되어 클라이언트 PC의 OS에 상관없이 동작하도록 구성되었다. 최근지진정보를 쉽게 파악하기 위한 진도 분포도 조회 상황 및 건축물 피해 추정조회 인명피해 추정조회 등의 기본적인 정보 조회 기능을 할 수 있도록 하였으며, 국내지진 부분과 진도 분포도 조회 부분은 과거의 지진이력을 모든 피해 지역을 포함하여 구축된 정보를 검색할 수 있도록 하는 기능이다. 특히 시스템에서 특이할 것은 특정 지점에서 특정강도의 지진이 발생할 경우를 모의할 수 있는 가상지진모의체계를 작동할 수 있도록 하는 것으로 각각을 저장하여 관리할 수 있기도 하며, 각 지진분포도를 반영한 건축물 피해추정조회 및 인명피해 추정조회 역시 가능하다.

본 시스템의 두 번째 항목은 기초데이타 관리로 관리시스템이 단순하게 좁은 테스트베드지역이 아닌 넓은 남한 지역전체를 대상으로 하고 있기 때문에 자료관리 체계의 지속성을 확보해야만 한다. 특히 매년 갱신될 수 있는 건축물 및 인구 현황의 경우는 업로딩 프로그램으로 처리할 수 있도록 하였으며, 실제 재해발생시 입력되는 NDMS자료의 결과 즉 인명피해 상황정보까지 등록하여 함께 비교될 수 있도록 하였다.

지진 진도의 계산로직에 대한 내용은 본고에서 깊이 다루지는 않았지만, 국내외 지진감쇠식 7개를 선택적으

로 사용할 수 있도록 하여 지형분류체계를 고도화 하거나 감쇠식 계산의 파라미터를 바꿀 수 있는 체계를 만들었다. 증폭률 계산은 앞의 지리정보시스템의 격자자료와 연계하여 map algebra 방식의 계산을 통하여 구현되었으며, 건축물의 전괴율과 건축물에 체류 인구수는 지진발생시간과 요일 등을 감안하여 모델링을 구현하였다. 역시 지진강도와 건축물의 전괴율에 의하여 인명피해 계산이 도출되게 된다.

피해추정현황의 경우도 실제 수신횟수부터 격자별 속도, 가속도, 진도 조회가 가능하며, 과거의 지진 중심 즉 진앙의 분포도를 확인할 수 있도록 하였다. 건축물 피해추정의 경우에는 행정구역별 건축물 피해, 격자별 건축물 피해, 구조별 건축물 피해를 각각 조회할 수 있으며, 실제 건축물 피해와의 비교가 가능하도록 했으며, 인구부분도 마찬가지로 피해추정이 가능하도록 구성하였다.

실제 지진발생시 대응절차 및 매뉴얼이 책자로 되어 있던 것을 쉽게 인지할 수 있도록 단계별 실시항목을 팝업창에 의하여 인지될 수 있도록 하였으며, 최소한의 시간내에 상황을 전파할 수 있도록 초기상황매뉴얼과 위기대응 매뉴얼로 구분하여 제공하였다. 기타 참고자료를 넣어 평상시에도 지진에 대한 교육과 훈련이 가능하도록 모도를 실제상황모드와 훈련모드로 구분하여 시스템의 오류로 인한 혼동을 최소화 하도록 구축하였다.

3. 지진재해대응시스템 DB 구축 현황

구축된 GIS DB 가공내용은 그림 4와 같다. 지반도의 경우는 한국건설기술연구원에 지방정보시스템 자료를 활용하였다.

토양도의 경우에는 농업과학기술원의 토양도를 활용하여 작업을 진행하였으며 이는 실제로 토양통자료 가운데 지형 분류체계에 따라 지진에 대한 가중치를 상이하게 두어 지수화하였으며 그 결과는 전국을 2미터 격자망으로 가공하여 하나의 대표값을 갖도록 조정하는 격자화방법을 사용하였다. 지질도 분석작업은 수치지질도를 분석한 결과 제 4기층과 같은 모래질 토양 등에 대한 지진 가속도는 증폭부분으로 화강감 및 화강편마암 지역의 경우는 감속되는 것으로 두어 가속도 공식이 거리에 의한 감쇠식 외에 상세한 지질적 반응 모델을 접목시킬 수 있도록 조정하였다. 건축물 정보의 경우에는 국토해양부의 건축물 대장정보를 TEXT 파일로 원하는 자료로 가공하여 격자자료에 넣었으며, 이때 고려한 것은 내진설계 기준년도 전후, 지상지하 층의 수, 주요골조의 특성이 반영되도록 하였으며 그 결과물은 모두 같은 크기의 격자망에 배분되어 각 격자의 지진강도에 따른 피해규모를 상대적 수치화를 통하여 피해예측을 할 수 있도록 조정하였다. 이 중에 조적조의 밀도가 높은 곳이 가장 피해가 큰 것으로 가중치를 두었으며, 내진설계가 된 경우에는 가장 피해가 적은 것으로 계산하도록 알고리즘을 구성하는 등 한국형 지진피해 함수를 개발하여 탑재하였다. 인구피해상황은 1차적 피해에 의한 것에 국한하여 건축물 붕괴로 인한 피해 자료만 넣도록 하였으며, 이 자료는 통계청의 읍면동 자료를 구하여 격자별로 배분하는 과정으로 구축하였다. 인구의 격자배분에 있어서도 면적 배분이 아닌 환경부 토지 피복도에 의한 가중치를 둔 배분을 수행하여 정확도를 높이도록 하였다.

그림 4. DB 구축 및 모델 수립

지진발생시 건축물 피해 뿐만 아니라 다양한 시설물 피해가 발생되므로 실제에 가까운 지진피해를 예측하기 위해서는 주요 라이프라인 시설에 대해서도 피해예측이 필요하다. 라이프라인이란 인간 활동에 가장 근간이 되는 전력, 통신, 에너지, 상하수도, 운송 및 교통망 등 선(line) 형태의 구성을 갖는 사회기반시설을 통칭한다. 라이프라인의 피해 특성은 지진발생시 1차적으로 구조적인 손상을 받을 수 있으며, 이로 인한 기능성의 상실과 함께 사회적 · 경제적으로 대규모 의 2차적인 피해를 일으키게 되는 특성을 가지고 있다. 이처럼 지진재해시 라이프라인의 피해예측을 위해 국내 라이프라인 시설을 HAZUS 모델에 의해 분류하고 취약도함수를 적용함으로써 지진피해예측 대상시설물을 확대하였다.

4. 지진재해대응시스템 시뮬레이션 기능

소방방재청에서는 지자체 및 유관기관 담당자들이 지진재해대응 시스템을 활용하여 실제 지진에 대응할 수 있도록 지속적으로 훈련을 실시하고 있다. 훈련은 시스템 상 가상의 지진을 생성하여 실시하게 되며 신속한 상황전파보고, 피해복구, 수습 및 지원능력을 배양하는데 중점을 두고 있다. 지난 5월 4일에는 재난대응안전한국훈련의 일환으로 전국적으로 지진대응훈련을 실시하였으며 기상청, 지자체, 유관기관 등이 참여하였다.

훈련은 대전광역시 대덕구에서 규모 6.5 지진이 발생한다고 가정하였으며 기상청으로부터 지진을 통보받은 후 5분 이내에 지진재해대응시스템으로 피해를 예측하였고 그 결과, 인명피해 6,725명(사망 403명, 부상 6,322명), 건물피해 127,456동, 가스시설 5,285개소와 통신, 전력, 상 · 하수도, 도로시설 등이 다수 파괴된 것으로 나타났다.

또한 지진재해대응시스템에는 소방지원시스템이 구

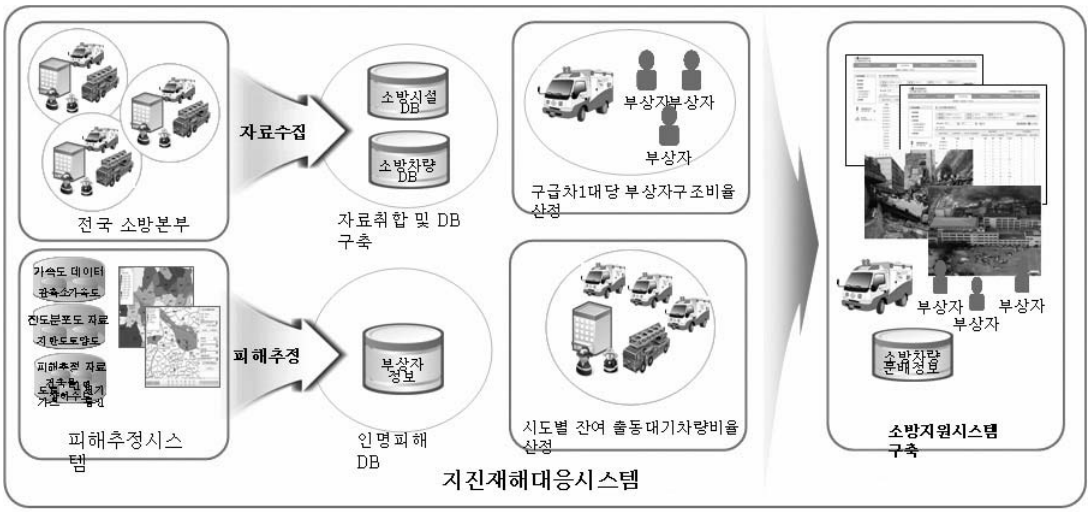

그림 5. 지진재해대응시스템 소방 분배 시뮬레이션

축되어 있어 예측된 부상자정보를 토대로 피해지역으로의 적절한 소방구급차량 분배현황을 소방본부에 제공함으로써 구조 · 구급에 대한 신속한 판단 및 대응이 이루어지도록 하고 있다. 시뮬레이션은 기 구축된 소방 DB를 활용하여 피해지역내 근접한 소방시설을 검색하여 가동이 가능한 구조차를 우선적으로 분배하도록 설계되어 있다. 이에 따라 시뮬레이션 결과를 바탕으로 소방인력 · 장비를 긴급 출동하도록 하였으며 군 · 경 동원을 요청하는 등 신속한 사고 수습 능력이 가능하도록 시스템이 구축되어 잇다.

5. 강원도 오대산 지진검증 사례

오대산 지진은 2007년 1월 20일에 강원도 평창군에서 발생한 지진으로서 최근에 있었던 지진 가운데 비교적 규모가 커서, 전국적으로 지반운동을 느낄 수 있었다. 진앙은 북위 37.7°, 동경 128.6°이고, 진원깊이는 약 13km로 천발지진이며, 지진 규모는 4.8로 관측되었다. 또한 강릉, 평창지역이 진도 Ⅴ, 속초, 춘천, 원주, 영월, 태백, 삼척지역이 진도Ⅳ, 철원, 경기 동부지역, 충북 북부, 경북 북부지역은 진도 Ⅲ이었으며 그 외 서울, 경기 서부, 충남 남부, 전북, 전남, 경북 남부지역, 경남지역은 진도 Ⅱ로 관측되었다. 오대산 지진 발생시 지진재해대응시스템이 실제 가동된 결과가 그림 6에 나타나 있으며 시뮬레이션 결과는 당시 관측된 진도 값과 거의 일치함을 보여준다.

6. 결론

지진재해대응시스템은 일본의 DIS와 미국의 HAZUS 시스템 보다 더 상세한 정보를 가지고 전국규모의 관리 및 상황전파시스템을 구축하였다는데 의의가

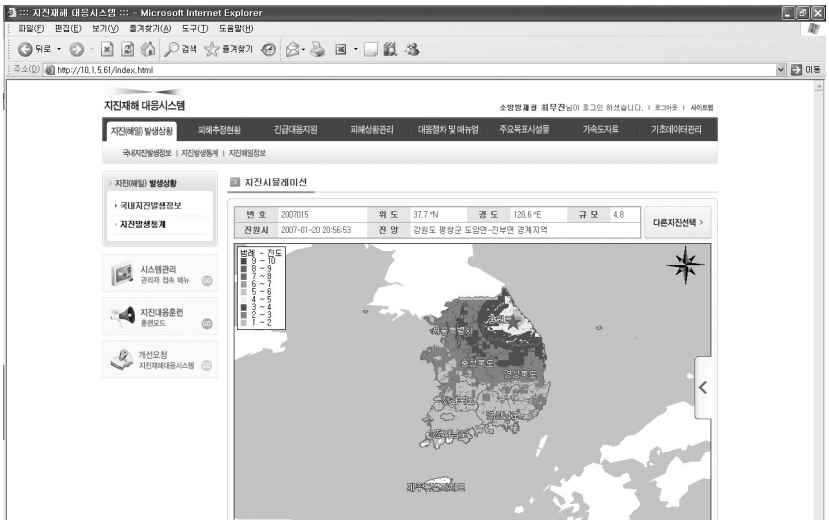

그림 6. 오대산 지진 발생시 진도분포도 계산 현황

있다.

지진재해대응시스템은 전산화된 건축물대장의 DB에 기반하여 피해추정을 수행하므로, 소방방재청에서는 건축물 대장에서 분류하고 있는 기초자료를 지속적으로 수정 보완하고 있으며, 건축물 대장과 신규 건축물 유형의 대응체계를 지속적으로 업데이트하여 예측정보의 정확도를 높여 나가고 있다.

참고문헌

1. 지진재해대응시스템 고도화 사업 보고서, 2009, 소방방재청

손영환 syh86@snu.ac.kr