

위성영상을 활용한 재해 피해조사에 관한 연구

A Study on the Estimation of Damage by Disaster using Satellite Images

조명흠^{*} · 조재웅^{**} · 최우정 · 이철규^{***} · 심재현^{****}
Myeong-Heum Cho^{*} · Jae-Woong Cho^{**} · Woo-Jung Choi · Cheol-Kye
Lee^{***} · Jae-Hyun Shim^{****}

^{*}국립방재연구소 연구기획팀 연구원, E-mail: geoisrs@nema.go.kr

^{**}국립방재연구소 연구기획팀 연구원, E-mail: jwcho@nema.go.kr

^{***}국립방재연구소 연구기획팀 토목연구사, E-mail: choiwj@nema.go.kr

^{****}국립방재연구소 연구기획팀 토목연구사, E-mail: powerful@nema.go.kr

^{*****}국립방재연구소 연구기획팀 토목연구관, E-mail: shim1001@nema.go.kr

요 약

최근 기상이변과 예상치 못한 지각변동으로 인해 발생하는 재해의 빈도가 증가하고 있고 규모 또한 커지고 있는 상황에서 보다 신속하고 정확한 피해현황 조사 및 분석을 가능하게 한 GIS, IT, 원격탐사 등 영상공간정보와 첨단기술을 활용하여 재해정보체계 구축에 주요 관심사가 되고 있다. 위성영상은 항공사진과 더불어 지표면의 변화를 신속하고 주기적으로 관찰할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 이를 통해 효율적인 재해 관리와 복구 대책 수립이 요구되며 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 경상북도 봉화지역의 재해대장에 기록된 피해유형 및 피해규모를 현장에서 직접 답사하여 실제 피해현장을 파악하였으며, 피해 전 항공영상과 피해 후 아리랑 2호 위성영상을 확보하여 영상처리 및 분석을 통해 피해식별가능 여부와 피해현황별 피해규모를 추출하였다.

주요어 : 아리랑 2호 영상, 항공영상, 재해피해조사

1. 서 론

우리나라는 최근 몇 년에 걸쳐 기상이변으로 인하여 계속해서 비슷한 유형의 자연재해의 발생빈도가 높아지고 있으며 그 중에서도 여름철의 태풍이나 국지성 집중호우 등에 의한 풍수해 피해가 증가하고 있다. 풍수해로 인한 인적, 물적 피해의 규모는 점점 기하급수적으로 증가하는 추세에 있으며, 특히 2002년의 태풍 루사나 2003년의 태풍 매미의 경우 그 피해가 극심하여 6조원 이상의 피해가 발생하였고, 9조원 이상의 복구비가 소모되고 있으며, 이는 우리나라의 한 해 예산과 비교하였을 때 높은 비중을 차지하고 있다.(국립방재연구소, 2007) 현 시점에서 재해를

효과적으로 예방·대비·대응·복구하기 위한 GIS¹⁾, IT²⁾, 원격탐사 등 영상공간정보와 첨단기술을 활용하여 재해정보체계 구축에 주요 관심사가 되고 있다. 특히, 최근에는 위성영상, 디지털 항공영상, LiDAR, 지상촬영 영상 등의 고해상도 위성 및 다양한 탐측센서의 개발과 유비쿼터스 관련 인프라 기술의 확대, 그리고 인터넷 및 데이터베이스 등 관련 기술의 발달에 따라 피해지역의 공간영상정보의 취득 기회를 획기적으로 증가시켰으며, 이러한 다양한 공간영상정보는 피해지역의 재해분석에 핵심자료로서 활용될 수 있다. 이에 따라 소방방재청 국립방재연구소에

1) Geographic Information System

2) Information Technology

서는 IT 기술과 지상입체영상, 항공사진, 위성영상 등의 공간영상정보를 활용하여 신속하고 객관적인 피해조사를 위한 '피해조사 자동화 기술 개발' 사업(2004~2009)을 추진해 오고 있다. 이 사업은 위성영상, 무인항공기, 지상입체촬영사진, UMP C³⁾ 등을 활용하여 피해 지역에 대한 정량적 피해물량 산출(피해길이, 면적 등)과 피해 현장의 사진, 동영상 등 피해정보의 실시간 전송 시스템을 개발하여 피해조사 시간을 단축시키고 객관적인 피해현황을 파악함으로써 복구비 예산 운용의 효율성을 제고하는 것을 목적으로 하고 있다.

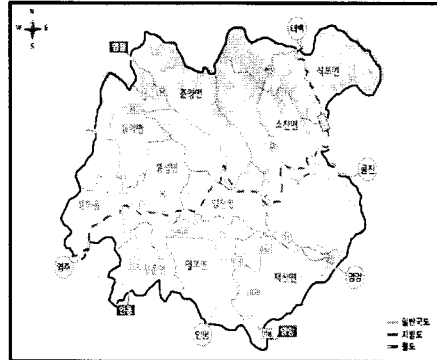
공간영상정보를 통해 피해물량을 산출하는 방법은 사진측량기술에 기반을 둔 것으로 위성영상의 경우 우리나라는 비약적 발전을 거듭해오고 있으며, 2006년 7월 아리랑 2호(KOMPSAT-2, 공간해상도 1m)를 발사하는 쾌거를 이루었다. 항공사진 측량의 경우, 실시간 자료 처리가 가능한 GPS⁴⁾/INS⁵⁾ 기술이 도입되어 운용되고 있으며, 항공 디지털카메라와 연계하여 고정밀 디지털 공간영상정보를 취득하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 본 연구에서는 피해 전 항공영상과 피해 후 아리랑 2호 위성영상을 이용하여 경상북도 봉화지역에 현지조사 및 영상처리·분석을 통해 산사태, 농경지, 도로, 주택의 피해유형별로 피해 식별 가능 여부와 피해규모를 추출하여 분석하였다.

2. 연구지역 및 피해현황

2.1 연구지역

연구지역은 7월 23일~26일 사이에 집중호우로 인해 큰 피해가 발생한 경상북도 봉화군이다. 봉화군의 지리적 위치는 경상북도 최북단에 위치하며 북쪽으로 태백산맥의 연봉으로 강원도 태백시, 영월군

과 접경하고 동쪽으로는 태백산의 여맥으로 영양군, 울진군이 접해 있고, 남쪽은 안동시, 서쪽은 영주시와 접경하여 산세가 험하고 구릉의 기복이 심한 지역이다. 총면적이 1,200km² 이며, 이 중 대부분은 임야(83%)로 이루어져 있으며, 전(7.4%), 답(3.8%), 과수원(0.6%), 대지(0.6%), 기타(4.6%) 등이 골고루 분포되어 있다.



[그림 1] 연구지역

2.2 피해현황

2008년 7월 23일부터 서울, 인천, 경기, 강원, 충북, 경북지역에 호우특보가 발표되었다. 경상북도 봉화군의 경우 7월23일~26일 동안 총 233.5mm의 많은 비가 내렸으며, 최대 시우량 38.0mm의 강한 호우가 발생하였다. 이로 인해 인명피해가 발생하고 많은 재산피해 및 시설물 피해가 발생하였다.

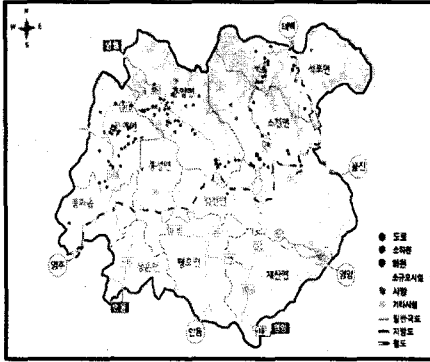
이번 호우로 인해 춘양면 의양1리에서 철도 토사사면이 붕괴되면서 주택이 매몰되고, 이로 인해 2명이 사망하였으며, 춘양면 참새골에서는 급격히 늘어난 유량으로 인해 2명이 사망, 2명이 실종되었다. 서벽리에서는 산사태로 인해 발생한 토석류가 주택을 덮쳐 유실되면서 2명이 사망하였으며, 총 인명피해는 사망6명, 실종 2명으로 총 8명의 인명피해가 발생하였다. 인명피해 뿐만 아니라 재산피해도 곳곳에서 일어났다. 공공시설이 221개소로 약 414억4천만원 이상의 피해가 발생하였으

3) Ultra Mobile Personl Computer

4) Global Positioning System

5) Inertial Navigation System

며, 사유시설은 약 7억3천만원, 건물피해는 90동으로 4억3천만원, 건물 침수 71개동, 농경지 유실 및 매몰이 211,723.6 ha로 약 2억9천만원, 농작물 피해가 3.87ha로 총 421억8천만원 이상의 재산피해가 발생하였다.



[그림 2] 피해현황 분포

※ 복잡한 관계로 산사태피해 제외

2.3 대상지역 DB

현장 조사 및 영상분석을 위해 대상지역의 피해 전 영상과 피해 후 영상을 확보하였다. 피해 전 영상은 국립산림과학원에서 협조받은 80cm 급 항공사진이며, 피해 후 영상은 국가정보원 영상정보협의를 통해 취득 하였으며, 제공받은 아리랑 2호 1m급 Law흑백영상과 4m급 Law칼라 영상이다. 또한 대상지역의 지번정보 및 정확한 경계를 식별하기 위해서 봉화군 전체에 대한 수치지형도, 연속지적도 및 행정 경계도를 확보 하였다<표 1>.

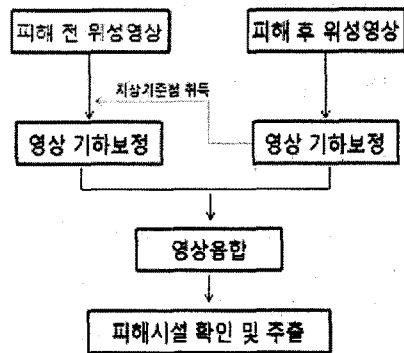
<표 1> 대상지역 DB

| 항 목 | 시 기 | 대상지역 | 해상도/축척 |
|-------|------|------|----------|
| 항공사진 | 피해 전 | 춘양면 | 흑백 0.8m |
| 위성영상 | 피해 전 | 춘양면 | 칼라 4m |
| 위성영상 | 피해 후 | 춘양면 | 흑백 1m |
| 수치지형도 | - | 춘양면 | 1/25,000 |
| 지적도 | - | 봉화군 | 1:1:300 |
| 행정경계도 | - | 봉화군 | 1:5,000 |

3. 세부 피해조사

본 연구에는 ESRI社 ArcMap 9.2, Leica Geosystems社의 ERDAS IMAGINE 8.7 소프트웨어를 이용하였으며, ArcMap은 수치지형도, 연속지적도, 위성영상을 중첩하여 피해정보를 추출하고 관리 하는데 사용하였으며, ERDAS IMAGINE은 위성영상 자료의 지형 보정 및 영상융합 하는데 사용하였다.

재해 발생 이후 위성영상은 우리나라 아리랑 2호 위성영상을 활용하였으며, 국가정보원 영상정보협의체를 통해 취득하였다. 재해 발생 후 일주일 정도 지난 2008년 8월 5일 촬영되었으며, 피해 직후 제공 받은 관계로 위성영상에 대한 기하보정, 지형보정, 색보정이 되어 있지 않은 원본 영상을 제공받았다. 영상처리 방법으로는 전·후 아리랑 2호 영상의 1m 공간 해상도 흑백과 4m 공간해상도 칼라 영상에 대해 GCP⁶⁾를 활용하여 기하보정을 수행한 후, 수치지형도에서 등고 레이어를 추출하여 TIN⁷⁾ 모형을 생성하고, 그것으로부터 DEM⁸⁾을 생성하여 지상기준점과 함께 지형보정한 후 정확도 향상을 위해 1m 흑백영상과 4m 칼라영상을 활용하여 PCA 기법을 사용하여 영상융합을 수행하였다.



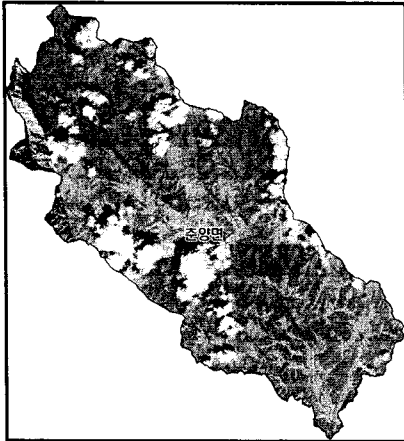
[그림 3] 피해정보 추출 흐름도

6) Ground Control Point

7) Triangulated irregular network

8) Digital Elevation Model

일반적으로 영상융합 기법은 크게 영상의 색상 체계를 이용한 기법(Color Related Techniques)과 통계적/ 수치적 방법(Statistical/ Numerical Method)으로 분류할 수 있으며, 영상의 색상 체계를 이용한 기법으로는 IHS 변환이 있고, 통계적/ 수치적 방법으로는 PCA, Wavelet 변환 등이 대표적이다. 그림 4은 PCA⁹⁾ 영상융합 기법을 적용하여 1m 칼라 영상을 생성한 결과이다.



[그림 4] PCA 영상융합

또한, 피해시설에 대해 피해유형별로 4개 피해 지점을 선정하여 위성영상에서 피해규모를 추출하였으며, 피해정보를 파악할 수 있도록 피해개요, 항공사진, 위성영상, 피해위치 등의 정보로 표현하였다. 수치지형도와 위성영상을 중첩시킨 결과를 볼 때 위성영상과 수치지형도의 제작시기에서 차이가 있기 때문에 지목, 도로, 건물 등이 부분적으로 일치하지 않는 지역이 있었으며, 정확도의 차이로 인해 도로 경계, 건물 경계 등이 정확하게 중첩되지 않는 지역도 있었다. 이러한 오차는 부분적으로 수정이 가능하지만 광범위 지역에 대해서는 향후 해결해야 할 과제로 판단된다.

3.1 산사태

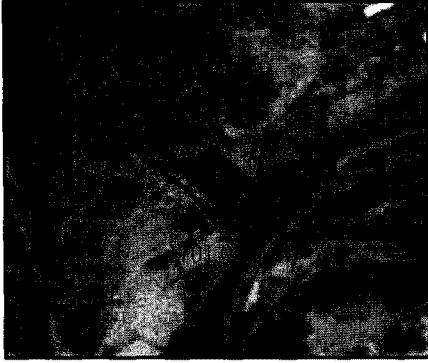
봉화군 춘양면 석문동은 산사태 피해가 많이 발생한 지역이다. 산사태 피해의 경우 피해규모에 따라 다르겠지만, 식생분포가 변화됨으로써 위성영상 상에서 쉽게 식별이 가능하고 피해규모가 크다면, 피해 전 항공사진 없이 피해여부를 어느 정도 확인할 수 있다. 위성영상 상에서 피해정보를 도식하여 폴리곤을 생성하면 데이터베이스에 자동으로 저장되고 폴리곤 연산을 통해 폴리곤의 속성정보(면적, 중심위치, 경계 정보)를 자동으로 산출할 수 있다. 또한, 수치지형도와 연속지적도를 통해 산사태 피해지역의 행정구역, 지번, 그리고 연산(산사태 피해영역과 교차하는 필지 검출)을 통해 산사태로 인해 매몰되거나 유실된 시설의 지번과 지목을 추출할 수 있다.

그림 5와 6은 피해지역의 피해 전 항공사진과 피해 후 위성영상을 활용하여 두 영상을 중첩한 결과 피해지역을 쉽게 파악할 수 있으며, 피해지역의 산사태 피해규모를 판별하여 폴리곤 형태로 피해정보를 표현하고 피해 면적을 추출하였다.



[그림 5] 산사태 피해 전

⁹⁾ Principal Component Analysis



[그림 6] 산사태 피해 후

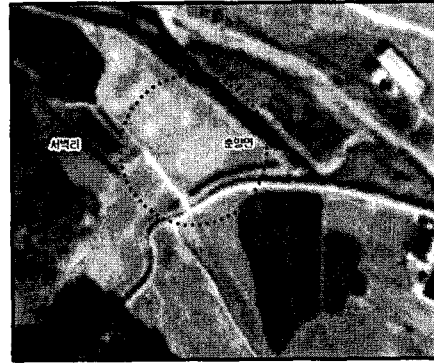
3.2 농경지

이번 봉화군 농경지 피해는 약 538ha로써 봉화군 전체지역에 전, 담, 과수원 등에 피해가 발생하였다. 특히 춘양면 애당리, 서벽리, 물야면 개단리 부근 소하천 주위에 피해가 컸다. 피해 원인으로는 집중호우로 늘어난 급류가 제방붕괴 혹은 하천범람으로 인한 농경지와 산사태 등으로 인해 과수원 등이 유실, 매몰과 같은 피해를 입었다.

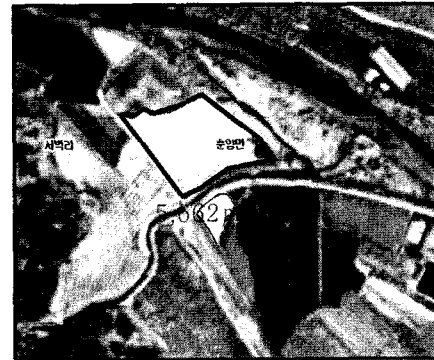
봉화군 춘양면 서벽리는 하천의 유량과 유속이 증가하면서 일부 제방 붕괴가 많이 발생하였으며, 새로운 물길이 트이면서 인접 농경지에 토사가 유입되어 피해가 발생하였다. 하천 제방 붕괴로 인한 농경지 피해가 광범위하여 위성영상에서 쉽게 관별이 가능하였고, 수치지형도를 통해 농어촌도로나 마을 진입 도로 등 관련 공공시설의 피해정보도 함께 추출이 가능하였다.

아래 그림 8은 춘양면 서벽리 일대의 농경지 피해지역으로 늘어난 급류로 인해 농경지 매몰지역으로 토사의 종류가 마른 모래이기 때문에 피해지역의 경계까지도 충분히 식별이 가능하였다. 농경지의 경우 1m급 위성영상을 통해서 충분히 식별이 가능하였다. 다만 피해지역이 토사로 일부 분만 덮이거나 나무보다 낮게 덮인 경우에는 영상만을 통해서 식별이 불가능하였으며, 토사가 모래인지 점토인지 차이 또한 식별에 영향을 미쳤다.

위성영상을 수치지형도나 항공영상 등에 중첩하여 그림 8과 같이 피해지역의 농경지 피해규모를 판별하였으며, 폴리곤 형태로 피해정보를 표현하고 폴리곤 연산을 통해 피해 면적을 자동으로 추출하였다.



[그림 7] 농경지 피해 전



[그림 8] 농경지 피해 후

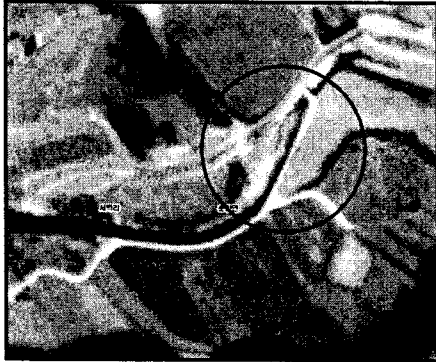
3.3 도로

봉화군 도로 피해의 경우 하천 범람, 산사태, 지반 붕괴 등으로 인해 40여 곳의 피해가 발생하였다. 특히 농어촌도로의 경우 대부분이 급류로 인해 손실되어 전체적인 복구가 불가피한 실정이다.

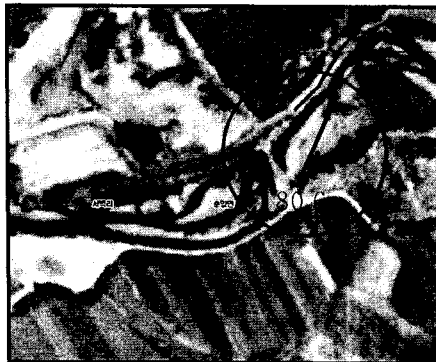
본래 도로는 콘크리트 혹은 아스팔트 재질로 고유의 반사특성을 가지고 있으나, 피해지역의 경우 기타 암석 및 모래가 있거나 물에 젖은 도로의 경우 판별이 어렵다. 따라서 도로 주변에 존재하는 가드레일 등으로 도로의 형태가 분명히 나와 있으므로 도로의 폭이 일정치 않은 지역을

위주로 판별해야 한다. 하지만 이 부분도 도로의 특정구간이 전부 유실 혹은 큰 구간이 파괴될 경우에 해당되며 일부 파손과 같은 피해는 위성영상을 통해 식별하기 어렵다. 항공사진의 경우 차선 식별도 가능하므로 2차선 이상의 도로의 경우는 도로 피해의 식별이 가능하나, 돌망태, 가로등, 가드레일 등의 도로시설물의 경우는 위성영상을 통해서서는 전혀 판별할 수 없다. 해상도 30cm 이하의 항공사진일 경우 가로등 및 일부 시설물에 대해서는 판별이 가능할 것이다.

그림 9와 10은 춘양면 서벽리의 농어촌 도로의 피해 전 항공영상과 피해 후 위성영상이다. 표시지역이 집중호우로 인한 도로 유실지역인데 피해 후 영상만으로는 쉽게 판별할 수 없으므로 피해 전 항공영상을 중첩하여 비교한 결과를 라인 형태의 레이어로 도로 피해에 대한 길이를 추출하였다.



[그림 9] 도로 피해 전

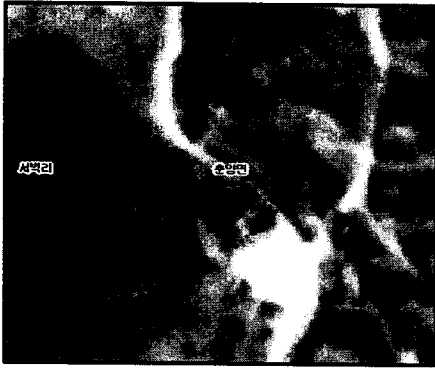


[그림 10] 도로 피해 후

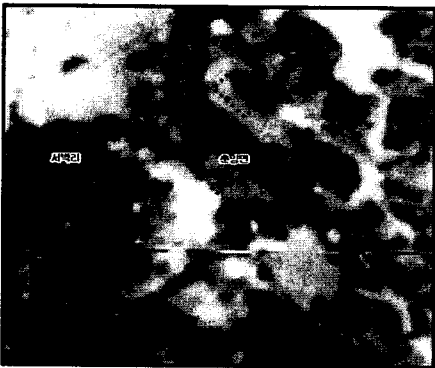
3.4 주택

이번 경상북도 봉화군 집중호우로 인한 주택의 피해는 약 182채로 잠정 집계되었으며, 특히 춘양면 서벽리 일대에 피해가 집중되어 발생하였다. 피해 지역은 골마소 하천이 흐르는 지역으로 폭우로 인해 갑자기 늘어난 급류에 골마소하천 제방, 농로, 소규모 교량 등의 공공시설물 피해가 있었으며, 넘쳐난 하천 급류로 인한 20여 채 이상의 주택이 유실, 전파 및 반파 되는 피해가 발생하였다. 피해 주택의 경우 유실은 피해 전·후 영상을 통해서 충분히 판별이 가능하였으나, 전파 혹은 반파의 피해를 입은 주택의 경우는 주택의 형태가 남아 있기 때문에 1m급 위성영상을 통해서서는 식별하기 어려운 점이 있다. 다른 경우에는 주택피해추출에 있어 피해 전·후 영상의 촬영시기가 차이가 난다면 피해와 상관없이 주택의 신축 및 철거 등이 일어났을 경우 영상만으로는 피해 여부를 식별하기 어려운 점이 발생할 것이다.

그림 11의 피해 전 항공영상으로 주택의 형태를 확인할 수 있으나, 그림 12의 피해 후 영상에서는 주택의 형태가 없는 것을 확인 할 수 있다. 연구에 활용한 위성영상은 기본적인 처리가 되지 않은 아리랑 2호 영상이므로 정확한 해상도의 영상이 아님을 감안 할 때 실제 잡음 처리, 색 보정 등을 거친 후 영상을 이용할 시 주택 유실정보는 수월하게 식별 가능 할 것이라 판단된다.



[그림 11] 주택 피해 전



[그림 12] 주택 피해 후

4. 결론 및 시사점

본 연구에서 위성영상을 활용한 재해 피해조사에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 광범위한 지형 변화가 발생한 지역의 농경지, 산사태 피해의 경우 등은 피해범위를 판별이 가능하나, 일반 도로나 농어촌도로, 하천 호안 피해여부는 정확하게 판별하기에는 어려운 점이 있었다. 또한 주택의 경우 완전 유실 피해는 식별이 가능하지만, 반파의 피해여부는 판별이 불가능하였고, 피해위치 정도만 추출이 가능하였다.

2) 피해규모를 추출하기 위해서는 항공 및 위성영상, 수치지형도, 연속지적도 등을 사용하여 정량·정성적 피해 정보를

일괄적으로 추출하기 위해 각종 지형자료 레이어간 기하학적 연산 기능이 수반되어야 할 것으로 판단되며, 고해상도 항공/위성영상이 대용량인 점을 감안하면 신속한 자료처리를 위한 시스템이 구축되어야 한다고 판단된다.

3) 상세한 공공시설 피해정보 추출을 위해서는 수치지형도나 연속지적도와 함께 공공시설물에 대한 대장을 활용하는 것이 효과적이며, 이를 위해서는 공공시설물 대장의 전산화가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

4) 미국과 일본은 현재 다양한 항공영상과 지구관측 위성영상을 운용하고 있으며, 허리케인 및 지진과 같은 재해가 발생했을 때 피해 지역의 공간영상정보 확보가 비교적 용이한 실정이며, 이를 활용하여 각종 피해 정보 지도나 대피안내도 같은 재해 업무에 적극 활용하고 있다. 따라서 우리나라에서도 항공 및 위성영상을 관리·운영하는 중앙 부처 및 지자체, 관련 전문기관들이 보다 효율적으로 협력 체계를 구축하고, 이를 통해 다양한 공간영상정보의 활용이 가능해진다면, 재해 발생시 효과적인 대응과 피해조사 및 원인분석을 통해 피해주민의 조기 안정 도모와 국가 방재역량 강화에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

5) 위성영상은 전 세계적으로 지구관측 위성에 대한 기술 개발을 지속적으로 추진하고 있으며, 우리나라도 우주개발 중장기 개발 계획 하에 2007년에 다목적실용위성 2호를 성공적으로 발사하였고, 2010년 아리랑 5호(SAR) 발사됨에 따라 다양한 종류의 위성영상을 통해 광역적으로 발생하는 대규모 재해피해 현황과 피해규모를 신속하고 효과적으로 파악이 가능할 것으로 판단된다. 향후 고해상도 영상기술의 발달과 실시간적인 위성영상 수신 및 분석 시스템 구축이 구축된다면, 재해 상황관리 및 대응, 대피 등의 방재의사결정

을 지원하고, 피해 조사 및 원인 분석과 이에 따른 대책 수립에 크게 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 소방방재청 국립방재연구소의 “재난피해조사 자동화 기술개발” 사업의 일환으로 수행하였으며, 아리랑 2호 위성 영상과 항공영상을 제공해 주신 국가정보원과 산림과학원 두 기관에 감사드립니다.

참고문헌

국립방재연구소, 2005, “국지 피해지역 조사기술 개발”

국립방재연구소, 2006, “원격탐사 자료의 재해분야 활용방안 연구”

국립방재연구소, 2007, “우리나라 위성 및 항공사진의 풍수해 분야 활용 및 관리 방안 연구”

국립방재연구소, 2008, “지상영상정보기반의 피해조사시스템 실용화방안 연구”

김수철, 한정현, 2008, “최적의 GIS 기반자료 확보를 위한 위성영상 융합기법 연구”

<http://www.erdas.com/>

<http://www.esri.com/>