

3차원 위성영상을 활용한 웹 기반 연안재해예측 추출기법 설계 Designing Web based coast disaster prediction system using 3D satellite images

조명희* · 박현철* · 김형섭** · 서영상***

Myung-Hee Jo* · Hyeon-Cheol Pak* · Hyung-Sub Kim** · Young-Sang Suh***

*경일대학교 건설정보공학과 · **(주)지오씨엔아이 공간정보기술연구소 ·

***국립수산과학원 동해수산연구소

mhjo@kiu.ac.kr* · hcpark@geocni.com* · hskim@geocni.com** · yssuh@nfrdi.re.kr***

요 약

우리나라 연안은 동해안을 제외한 대부분 지역이 저지대 완경사의 지형구조와 천해로 형성되어 태풍, 해일, 해수범람으로 해마다 인명, 시설물 파손, 침식 등 반복적인 피해가 발생하는 자연재해취약지역이다. 그러나 매년 발생하는 자연재해 방지를 위해 복구위주의 대책 마련에 중점을 두고 있는 상황이며, 재해 발생시 피해를 최소화 할 수 있는 종합적 재해방지연구는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구에서는 피해예방 및 방재 정책수립시 의사결정지원을 위하여 Web상에서 실시간으로 피해예측지역 추출이 가능한 기법을 개발하고자 하였다. 이를 위해 고해상 위성영상기반의 재해관련 주제도를 제작하고 육상과 해상부분을 통합한 3차원 지형 구축을 통하여 실세계와 유사한 지형환경 DB를 구축하였다. 아울러 3차원 범람시뮬레이션을 통하여 재해발생시 위험지역을 실시간으로 파악함으로써 피해가능지역 표출이 가능한 시스템을 개발하였으며, 이를 통해 재해상황에 따른 피해를 최소화 할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다.

주요용어 : 자연재해취약지역, 의사결정지원, 고해상 위성영상, Web, 3차원 범람시뮬레이션

1. 서 론

우리나라 연안은 동해안을 제외한 대부분 지역이 저지대 완경사의 지형구조와 천해로 형성되어 있는 자연재해취약으로 태풍, 해일, 해수범람으로 해마다 인명, 시설물 파손, 침식

등 반복적인 피해가 발생하고 있다. 더욱이 지구온난화로 인한 해수면 상승과 이상기온 및 대규모 연안개발로 인해 해수범람의 피해는 더욱 가중될 것으로 예상된다.

지금까지 연안재해 발생시 대처 방안은 피해 발생 후 복구위주의 대책 마련에 중

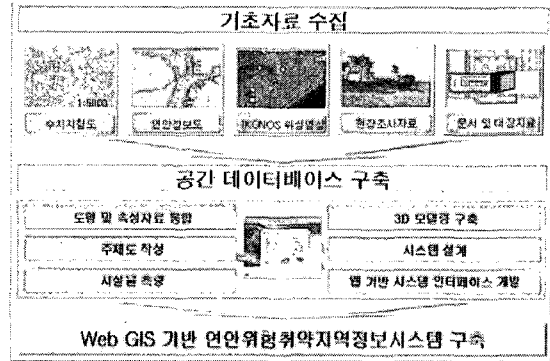
점을 두고 진행되어 왔으며, 예방차원에서
의 방안 마련은 미비한 실정이다. 또한 재
해발생 후 피해관련자료 관리의 미흡으로
동일지역에서 반복된 피해가 발생하고 있
으며, 이를 관리하고 방재정책시 활용할
수 있는 시스템 개발이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 피해예방 및 방재 정책수
립시 의사결정지원을 위하여 Web상에서
실시간으로 피해가능지역 추출이 가능한 기법
을 개발하고자 하였다. 이를 위해 고해상도
위성영상기반의 재해관련 주제도를 구축하고,
육상과 해상부분을 통합한 3차원 지형을 제
작하여 범람시물레이션을 개발하였다. 이
를기반으로 태풍 「매미」 당시 제작된 피해
지도와 비교하여 정확도 분석을 실시함으
로써 재해예측 기초자료로서의 활용가치
를 검증하였다.

또한 WebGIS 시스템 구축을 통하여 다
양한 연안관련 주제도 및 피해예측지역에
대한 정보를 제공함으로써 일반인들의 연
안재해 인식 제고 및 연안관리업무에 활
용이 가능할 것으로 사료된다.

II. 연구자료 및 방법

2003년 9월 사상 유래 없는 해일을 동
반한 태풍 「매미」의 피해를 입었던 마산
항 주변을 연구 대상지역으로 선정하여 건
물, 도로, 하천 등 수치자료와 피해도면 및
이력 자료를 수집하여 기본 데이터를 구축
하였다. 또한, 수치지도의 등고선, 표고점,
해안선 및 수심자료를 이용하여 5m 해상도
의 3차원 정밀 지형을 제작하였다. 구축된
모든 데이터는 실세계와 유사한 환경에서
보다 정확한 정보 제공이 가능하도록 1m급
고해상 위성영상인 IKONOS 영상을 중첩
활용하여 Web상에서 실시간 피해지역예측
이 가능하도록 설계하였다<그림 1>.



<그림 1> 시스템 구축 개요

III. 공간정보 DB 구축

1. 주제도 DB 구축

피해지역예측시 다양한 정보 제공을 위하여 마
산지역의 태풍, 해일, 범람, 침식에 의한 피해 자
료를 수집하여 피해지역 및 위치를 가시화하였
다. 아울러 현장조사를 실시함으로써 원시데이
터의 검증과 침수정도 파악을 위한 건물의 높이
값 측정 및 관련 속성 데이터를 획득으로 재해
발생시 시설물 파손, 인명 피해 예측 등 사전재
해예방을 위한 기초 데이터를 구축하였다.

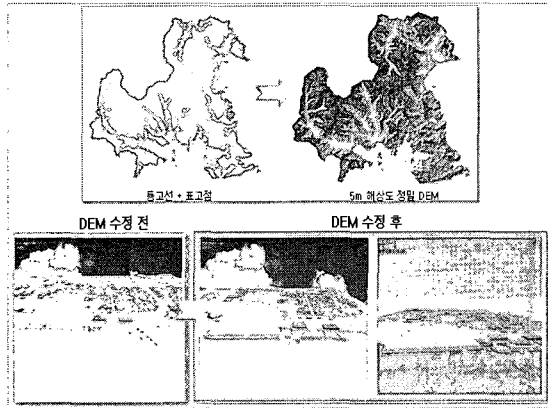
또한, 태풍 「매미」 당시 마산시에서 제작된
피해지도와 본 연구에서 설계한 재해예측시스
템의 예상피해지역의 건물 및 주변현황 분석
을 위하여 국토지리정보원의 1:5,000 수치지
도를 사용하여 레이어 분류를 수행하였다.

<표 1> 건물레이어 분류표

분류명	레이어 코드
주택	4112 ~ 4119
행정기관	4211 ~ 4258
산업기관	4311 ~ 4346
문화교육기관	4411 ~ 4435
서비스시설	4511 ~ 4534
의료후생시설	4611 ~ 4637
기타시설	4111

2. 3차원 정밀지형모델 제작

현실과 유사한 3차원 지형에서 연안의 다양한 정보제공을 위해 5m해상도의 정밀 DEM (Digital Elevation Model)을 제작하였다. 이를 위해 1:5,000 수치지도의 등고선과 표고점, 해안선, 수심 자료를 이용한 DEM 생성 후 기본적인 데이터의 오류를 수정하였다. 또한 위성영상을 활용하여 중첩 및 보간 작업을 수행함으로써 육상 지역뿐만 아니라 해상 지역을 모두 포함한 DEM 자료를 제작함으로써 범람 시뮬레이션 실행 시 피해지역예측 모델의 기반 자료로 사용하였다. <그림 2>.



<그림 2> DEM 생성 및 보정 전후 비교

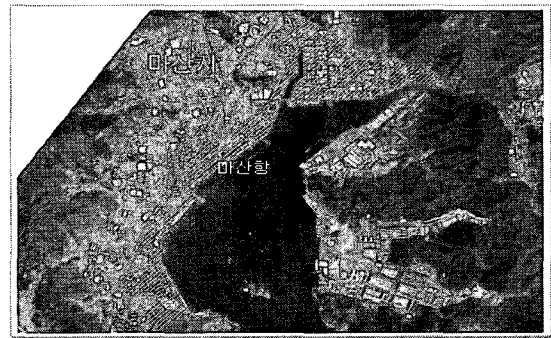
3. 정밀위성영상 DB 구축

본 연구에서는 Web상에서 재해발생시 피해 예측지역 추출을 위하여 고해상 위성영상기반의 재해관련 주제도와 3차원 지형을 구축하였다.

이를 위해 Space Imaging사의 IKONOS 위성영상을 이용하였으며, 명확도와 위치오류 제거를 위하여 대기 및 정사보정을 수행하였다. 또한, Scene별 분할된 영상을 대상지역에 맞는 단일영상 자료로 사용하기 위하여 산, 토지, 바다, 도시 레이어별로 레벨링 처리과정을 통한 영상강조와 집성작업을 수행하였다.

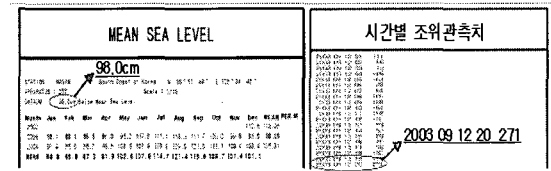
4. 범람 시뮬레이션 구현

연구대상지인 마산의 해안선 높이 측정에 있어 지역적 특성을 고려, 조석관측치의 평균 해수면(Mean sea. level) 높이를 기준값으로 설정하여 해수면을 생성하고 범람시뮬레이션에 적용하였다. 시스템 검증에 있어서는 2003년 당시 태풍 「매미」 피해 후 작성된 피해지도와 비교분석을 실시하여 시뮬레이션의 정확도를 측정하였다<그림 3>.



<그림 3> 태풍 '매미' 당시 작성된 침수 흔적도

마산지역의 태풍 「매미」 피해당시 발생한 범람수위는 평균해수면에서 4.3m 정도의 높이를 피해를 입혔으며, 4.3m 수위값은 국립해양조사원에서 제공하는 평균 해수면의 높이<그림 4>와 시간별 조위관측치<그림 5>, 그리고 태풍 당시 풍속과 심해파고, 기압상승고 등 요인에 따른 최대조위편차값이 더해져 4.3m 높이의 범람이 발생하였다. 이를 범람시뮬레이션 시스템의 수위와 비교하여 정확도를 검증하였다.



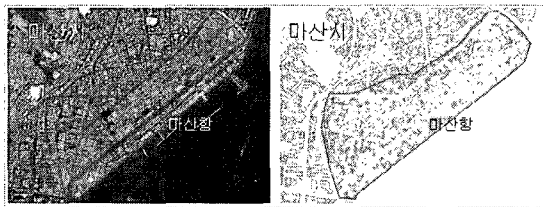
<그림 4> 평균해수면 <그림 5> 조위관측치

태풍 「매미」 당시 해일의 높이 값은 평균해

수면의 높이 98cm, 시간별 조위관측치 271cm, 풍속과 심해파고, 기압상승고 등의 인한 최대 조위편차 높이 258cm를 적용하였으며(국립해양조사원), 본 연구에서 사용한 범람시물레이션은 현재 평균해수면을 기준으로 해수면을 상승시킴으로 피해지도 범람수위에서 계산된 평균해수면의 높이를 감하였다<식 1>.

$$271\text{cm}(\text{시간별 조위관측치})+258\text{cm}(\text{최대 조위편차})-98\text{cm}(\text{평균해수면})=431\text{cm} \quad \text{<식 1>}$$

태풍 「매미」 로 인한 피해지도와 범람시물레이션 피해예상지역과의 검증을 위하여 시스템 상에 4.3m의 범람수위를 적용하였으며 각각의 피해면적 및 시설물의 피해정도를 비교하였다.



<그림 6> 범람지역 시물 <그림 7> 침수복원도 레이선 결과

<표 2> 범람 시물레이션 정확도 검증 결과

	침수복원도		범람시물레이션		정확도
면적	817,920 m ²		741,403 m ²		90.6%
시설물	1,838개		1,531개		83.3%
	주택	1,161개	주택	884개	
	행정기관	4개	행정기관	1개	
	산업기관	50개	산업기관	47개	
	문화교육기관	12개	문화교육기관	9개	
	서비스시설	87개	서비스시설	86개	
	의료후생시설	41개	의료후생시설	39개	
기타시설	483개	기타시설	465개		

범람시물레이션의 정확도 검증을 통해 나타난 결과는 중복면적의 경우 90.6%의 정확도와 시설물의 경우 83.3%의 정확도를 나타내었다. 면적이 시설물 보다 더 정확한 결과를 타나낸 것은 범람시물레이션이 타나내지 못한

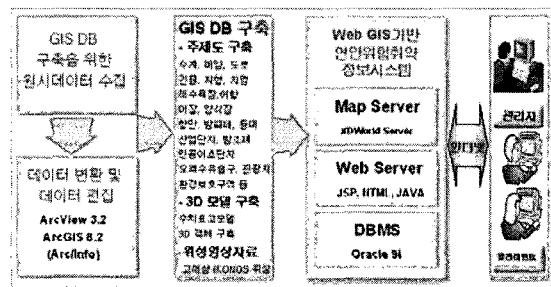
면적에 집단 주거지역이 분포하고 있어 면적의 정확도가 시설물보다 높게 나타남을 알 수 있었다. 「매미」 피해 당시 내린 178cm의 폭우와 풍속, 풍향, 조석 등 시물레이션에 영향을 주는 다양한 인자를 고려하지 않아 오차는 있으나 약 90%의 정확도를 나타내었다.

마산지역의 경우 만조수위에서 태풍해일에 의한 피해지역으로 타지역의 집중호우로 발생한 침수, 범람피해와 차이가 있어 일관된 적용은 어려우나 향후 Web상에서 다양한 인자적용을 통한 피해지역예측 수행과 정보제공을 위한 기반자료로서의 활용이 가능하리라 사료된다.

IV. Web GIS기반 3차원 연안위험취약지역 정보시스템 구축 설계

연안위험취약지역 정보시스템은 Web 기반의 대용량 위성영상과 DB 자료에 대하여 다양한 정보 제공이 가능하도록 wavelet 기반의 분할 압축 및 전송기법을 개발하여 정보제공을 위한 처리속도를 개선하였다.

또한, 사용자들에게 인터넷을 통해 필요한 정보를 제공할 수 있도록 Web기반의 GUI(Graphic User Interface)를 개발하였으며, 웹 서버 구축을 위하여 HTML, JSP, Java scrip를 사용하였다. 또한, 웹에서 처리된 통계정보를 지도데이터로 서비스하고 다양한 GIS기능 연동을 위하여 XDWORLD 엔진을 맵 서버로 사용하였으며, Oracle9i를 DBMS(Data Base Management System)로 사용하여 시스템을 구축하였다 <그림 8>.



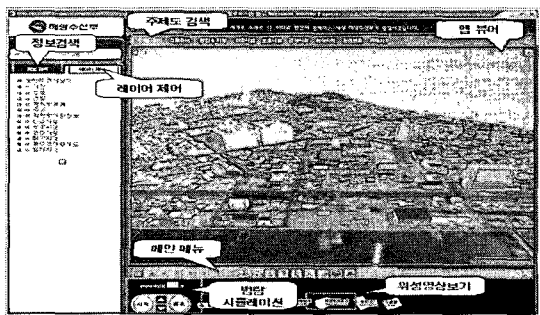
<그림 8> 시스템 구현 흐름도

1. 시스템 운영 구성도

본 연구에서는 마산에서 발생한 피해 조사 결과에 대하여 통계정보 제공과 재해 예방을 위하여 건물, 재해위험지역, 환경보호구역 등의 다양한 주제도 검색이 가능하도록 시스템을 구성하였다. 아울러 3차원 상에서 위성영상 기반 범람시물레이션 기능을 통하여 피해지역이나 취약지역에 대한 정보 서비스가 가능하도록 구축하였다. 그 밖에 연안관련 실시간 관측정보와 기상정보 파악 및 재해와 관련된 의견이나 전달사항을 공유할 수 있도록 하였다.

1) 시스템의 메인 화면

시스템의 메인화면으로 Web상에서 연안관련 다양한 지도정보를 제공하는 창으로 지역선택, 정보검색, 레이어제어, 주제도 검색, 맵 뷰어, 지도제어창, 범람시물레이션기능을 제공하도록 구성하였다. 또한 고해상 위성영상 기반으로 연안지역의 건물, 항만 및 어항정보, 산업단지, 방파제, 방조제, 등대, 환경보호구역, 관광지, 피해지역 등 정보의 질의 검색, 공간정보와 속성정보를 제공 받을 수 있다<그림 9>.

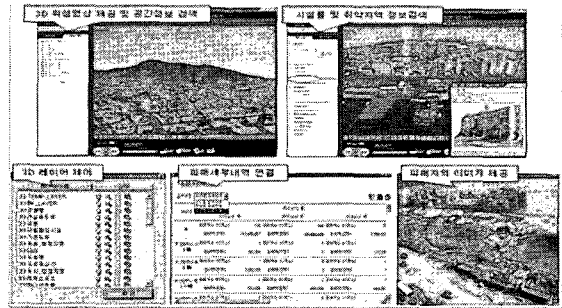


<그림 9> 메인화면 구성도

2) 3차원 정보 제공

피해가능지역 예측을 위하여 재해관련 공간DB와 다양한 수치주제도 및 피해현황에

대한 속성정보의 검색과 주제도와의 연계 기능을 구현하였으며, 1m 해상도의 IKONOS 위성영상을 Web에서 3D로 서비스 할 수 있도록 설계하였다<그림 10>.

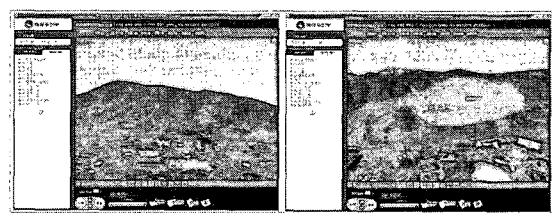


<그림 10> 위성영상기반 3차원 공간정보 검색 기능

3) 위성영상기반 3D 지형 및 공간정보 제공

위성영상을 기반으로 다양한 주제도 정보와 취약지역의 원활한 정보획득 및 자료 관리를 위해 레이어별 주제도를 작성하였으며, 3차원 상에서 사용자가 필요한 정보의 레이어를 제어할 수 있도록 하였다.

또한, 지도의 확대, 축소, 이동, 전체보기, 거리측정, 면적측정 등의 기본적인 GIS 기능과 DB와 연결하여 상세정보 및 현장사진 등 다양한 연안지역 정보를 실시간으로 서비스 할 수 있도록 시스템을 개발하였다. <그림 11>.



<그림 11> 3차원 GIS 기능 (거리 및 면적 측정)

4) 범람 시물레이션 실행 및 피해가능지역 추출

태풍이나 해일시 해수면의 높이에 따른 연안지역의 침수 및 범람지역을 가시적으로 확인할 수 있도록 평균해수면(MSL)을 기준으로 한 가상범람 시물레이션 기능을 개발

하였다. 이를 이용하여 재해발생시 피해예상지역을 예측할 수 있도록 설계하였다.



<그림 12> 시스템 상의 범람 <그림13> 피해지역 예측 시뮬레이션 결과 구현

V. 결 론

본 연구에서는 마산지역을 대상으로 현재까지 정비되지 않고 산재해 있는 연안지역의 재해피해 관련 자료와 연안주변의 시설물정보를 GIS DB로 구축하고, 취약지역의 피해정보를 제공할 수 있도록 3차원 Web 기반으로 시스템을 구축하였다.

이를 토대로 Web상에서 피해통계자료와 공간자료의 검색 및 질의, 3차원 지형정보 제공 및 레이어 제어, 기상, 조석, 해양관측정보 등 재해관련정보를 제공할 수 있는 3D Web GIS 기반 연안위험취약지역 정보시스템을 구축함으로써 국내 연안정비 및 공유수면 매립 등 정책결정에 활용할 수 있는 기반을 마련하였다.

또한, 정밀지형고도자료(DEM)와 고해상 위성영상을 중첩하여 연안과 육역을 통합한 보다 사실적인 3D정보를 제공할 수 있도록 시스템을 개발하였다. 이를 토대로 태풍 「매미」 당시에 작성된 피해지도와의 비교한 결과 약 90%정도의 정확도를 나타내었다. 이는 폭우와 풍속, 풍향, 조석 등 시뮬레이션에 영향을 주는 다양한 인자를 고려하지 않아 오차는 있으나 향후 Web상에서 다양한 인자적용을 통한 피해지역예측 수행과 정보제공을 위한 기반자료로서의 활용이 가능하리라 사료된다.

향후, 보다 정밀한 피해지역 정보제공을 위하여 연안지역의 hazard map작성연구를 통한 피해이력지도 제작, Web상에서 실시

간으로 사용자가 공간 및 속성정보 입력이 가능하도록 하여 효율적 피해지역 데이터의 관리가 이루어 질것이다. 또한, 범람시뮬레이션 구현시 현재 평균해수면을 기준으로 대략적인 침수범위만을 제공하고 있으나 조석, 조류, 염분, 풍향 등 해수면의 다양한 인자를 고려한 침수모델링 개발을 통하여 보다 현실감 있고 신뢰도 높은 피해지역 예측 기법을 개발하고자 한다.

참고문헌

1. 유주형, 2002, Landsat TM 데이터를 이용하여 공소만 지역의 갯골 추출에 관한 연구, Remote Sensing of Environ., 83, 442-456
2. 조명희, 서병규, 김진섭, 김형섭, “연안 위험취약지역 관리를 위한 3D Web GIS 시스템 개발”, 한국지리정보학회 2005 춘계 학술 발표대회 발표집, pp.337-345
3. 조명희, 김형섭, 이희일. (2003). 연안위험 및 재해취약지역 분석기술개발을 위한 GIS의 활용 한국지리정보학회 2003 한일 GIS 국제 세미나 및 추계학술대회 논문집. 167-175.
4. 조명희, 이희일, 김형섭, 허영진, 신동혁, 2003, 위성영상과 GIS를 이용한 연안퇴적환경 정보관리 시스템 구축, 한국지리정보학회 2003 춘계 워크숍 및 학술 대회 발표집, pp. 135-140
5. 최병호, 2002, 태풍 매미호에 의한 해안 재해, 보고서
6. 행정자치부국립방재연구소. 2003.12. GIS를 이용한 재난관리체계 구축을 관한 연구.
7. 행정자치부국립방재연구소. 2003.04. 2003년 재해백서.
8. 행정자치부중앙재해대책본부. 1994~2002. 재해연보(1994~2002년).
9. John R. Jensen. 1996. Introductory digital image processing Prentice Hall. Conference. pp.55-58.

10. Myung-Hee Jo, Dong-Ho Shin, Hyeon-Cheol Pak, Young-Jin Hae, Hyoung-Sub Kim, Jin-Sub Kim, "Constructing the integrated information system for the coast disaster area management using 3D web GIS technology", Proceedings of International Symposium on Remote Sensing 2004 & 20th Anniversary of the Korean Society of Remote Sensing", pp.318-32.
11. Myung-Hee Jo, Sung-Jae Kim, Wha-Ryong Jo, Yun-Hwa Lee, Hong-Ryong Yoo, 2003, Application of Landsat ETM images for spatial property analysis of tidal flat in west Seohan Bay, North Korea. Proceedings of the 24th Asian Conference on Remote Sensing 2003. 1104-1106.