

연구논문

홍수재해관리를 위한 3차원 GIS적용 3D GIS Application for Managing Flood Disaster

유환희¹⁾ · 김옥남²⁾ · 김성삼³⁾ · 정동기⁴⁾

Yoo, Hwan Hee · Kim, Uk Nam · Kim, Seong Sam · Chung, Dong Ki

要 旨

최근의 홍수재해는 막대한 인적·재산적 피해를 초래하는 자연재해로 인식되고 있다. 이러한 재해는 재해관리체계를 활용함으로써 잠재적 위험을 최소화시킬 수 있다. 최근 GIS와 컴퓨터 모델링기술은 홍수재해평가를 수행하는 전문가들에게 많은 도움을 주고 있으며, 특히 GIS기술은 공간분석 뿐만 아니라 홍수재해에 대한 모델링을 수행할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 본 연구에서는 홍수 방재분야에서 보다 현실에 가까운 현황분석을 통한 적극적인 재해 상황 대처와 체계적인 방재관리를 수행하기 위해 수리수문학적 자료와 수치지도, DEM, 고해상 위성영상을 이용하여 데이터베이스를 구축하고 3D GIS를 활용하여 홍수재해를 효과적으로 관리할 수 있는 정보시스템 구축에 대한 방안을 제시하였다.

핵심용어 : 자연재해, 홍수재해, 재해관리체계, 수리수문학적자료, 수치지도, DEM, 3D GIS

Abstract

Floods are disastrous natural phenomena, which result in numerous losses of life and property. It is possible to minimize the potential risk by adopting a disaster management system. Nowadays, Geo-Spatial Information System(GIS) and computer-modelling techniques have assisted scientists and engineers with determining flood disaster assessments, GIS technologies especially have the advantage of performing spatial analysis as well as generating the model for a flood hazard. Therefore, this paper presents the flood management system based on 3D GIS that can cope with natural disasters actively and manage flood hazard systematically by constructing the database using hydrological data, digital map, DEM, and high-resolution satellite images.

Keywords : natural disaster, flood disaster, disaster management system, hydrological data, digital map, DEM, 3D GIS

1. 서 론

산업혁명에 의한 산업화가 진전되면서 세계적으로 대기오염으로 인한 지구 온실효과와 엘니뇨 등의 기상현상의 변화로 지역적 폭우의 발생, 가뭄 현상의 장기화, 이상 고온 및 이상 저온 현상이 빈번히 발생하고 있다. 우리나라의 경우, 거의 매년 자연재해로 인해 6,500억 원 이상의 막대한 재산피해를 입고 있으며, 최근 들어 개량·항구 복구 위주의 복구정책이 실시되고 있음에도 불구하고 그 피해규모는 크게 줄고 있지 않는 실정이다

(어민선, 2002). 특히, 인구증가와 산업화 현상에 따라 도시로 인구와 대규모 시설이 집중되면서 과거에 비해 같은 규모의 재해가 발생하더라도 그 피해가 급증하고 있다. 행정자치부 산하 국립방재연구소에서는 막대한 손실을 초래하는 자연재해로부터 위험정보의 신속한 입수 및 분석을 통하여 예방에서 재해복구에 이르기까지 효과적으로 재해관리를 수행하기 위하여 다양한 연구를 수행하여 오고 있다(행정자치부 국립방재연구소, 2000; 2003).

본 연구에서는 우리나라에서 발생하고 있는 자연재해

2004년 1월 30일 접수, 2004년 3월 2일 채택

- 1) 정희원 · 경상대학교 건설공학부 도시공학전공 교수, ERDI (E-mail: hhyoo@nongae.gsnu.ac.kr)
- 2) 정희원 · 신구대학 지적정보과 교수 (E-mail: kun@shingu.ac.kr)
- 3) 경상대학교 대학원 도시공학과 박사과정 (E-mail: kimss333@netian.com)
- 4) 경상대학교 대학원 도시공학과 석사과정 (E-mail: lbigstone1@naver.com)

중 홍수재해 현황과 국가나 지자체의 방재체계현황을 조사하고 시범지역의 입체적인 공간분석을 위한 3차원 데이터베이스 구축과 3D GIS를 통한 홍수재해관리시스템을 구축함으로써 홍수재해 발생시 GIS를 활용하여 효과적으로 대응할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

2. 자연재해와 방재체계 현황

2.1 자연재해 현황

우리나라는 전 국토의 70% 이상이 산지로 구성된 지형학적인 요인으로 인해 강우발생시 유출량이 급속하게 하류부 하천으로 짧은 시간에 침투 홍수량이 증가하여 홍수재해의 위험성이 크다. 산지 및 산림지대의 지질상태도 대부분 화강암과 편마암으로 구성되어 피복토가 얇고 수분의 함유 능력이 작아서 수목의 생장에 부적당하기 때문에 풍화, 침식 등으로 산사태를 유발하거나 하천 유사량을 증가시켜 하상 상승의 원인이 되고 하천의 통수 능력을 저하시켜 급격한 유출을 초래하여 홍수 피해가 자주 발생하고 있다. 우리나라의 연평균 강수량은 1,315mm 정도이나 강수분포를 보면 6월에서 9월사이의 여름철에 2/3가 집중된다는 기상학적인 요인으로 이 시기에 홍수재해에 대한 위험성이 크고 재해가 반복되고 있다.

1995년 태풍 「Janis」, 1996년 국지성 집중호우, 1998년 태풍 「Yanni」에 의해서 홍수재해의 위력을 실감하게 되었고, 1999년 경기북부지방의 집중호우로 인해서 무려 1조 2천억이라는 재산피해가 발생하였다. 2002년 8월에는 태풍 「RUSA」로 인하여 16개 시도에 246명의 사상자와 5조 1479억원의 재산피해가 발생하였다. 2003년에는 태풍 「매미」로 인해 사망 132명과 4조 7천억 원이라는 재산피해가 발생하였다(행정자치부 국립방재연구소, 2003).

재해가 일단 발생하면 그 유형이나 규모에 관계없이 크고 작은 인명·재산상의 피해를 유발하므로 재해 발생시 신속한 대응체계를 지원하고 인명과 재산을 위협하는 요소에 대한 예방, 대비 및 대응, 그리고 신속한 복구, 사후 분석 및 평가 등을 위하여 방재분야에서도 GIS를 활용하여 국가 방재력을 향상시키기 위한 요구가 증가하고 있다.

2.2 GIS를 이용한 방재제체 현황

2.2.1 국가안전관리시스템

국가안전관리 업무는 행정자치부와 지방자치단체가 주관조직이지만 재해유형에 따라 연관조직으로 각 부처 및 산하기관 등의 수행 주체가 다수 존재하며, 따라서 공동

협조 하에 이루어져야 하는 업무적 성격이 강하다. 이러한 유관기관의 연계를 통한 안전관리업무의 정보화를 위해 국가안전관리 정보시스템 구축사업이 추진되었다.

국가안전관리업무는 예방, 대비, 대응 및 복구 등 4부문으로 나누어 질 수 있으며, 각종 자연재해나 재난으로부터 위험을 예방하고 피해를 최소화하며, 유사시 신속한 대응을 위하여 유관 기관과의 협조체계가 긴밀히 유지되어야 한다. 국가안전관리시스템은 예방, 대비, 대응, 복구관리, 공통관리, 지리정보시스템(GIS) 등의 6개 정보시스템으로 구성되며, 특히, 지리정보시스템은 재해발생시 관리대상이 되는 건축물, 시설물과 필요한 동원기관 및 병원 등을 지도상에서 조회가능하며, 상황에 따라 조건검색 기능을 제공하고 있다.

2.2.2 한강 침수예측시스템

예상되는 홍수규모에 따라 한강수계에서 발생할 수 있는 침수범위를 예측하기 위한 침수예측시스템은 한강홍수통제소에 연결된 수위관측소와 유량관측소 및 댐으로부터 수위와 유량 및 댐의 유입량, 방류량 등의 자료를 매시간 조회할 수 있다. 또한 수리학적 모형의 결과인 한강의 수위예측 결과를 이용하여 발생할 수 있는 최대한의 침수범위를 예측할 수 있다.

2.2.3 강원도 종합GIS재해예방시스템

강원 종합 GIS21계획의 일환으로 1998년도 전체의 전산 GIS인프라를 구축하고자 강원종합GIS마스터플랜을 발표하고 시범사업에 착수하였다. 이 사업은 강원도와 18개 시군 간의 부서별 행정업무에 대한 정보화, 기술혁신으로 대표되는 사회 조류 변화에 능동적으로 대응하도록 행정관리시스템은 물론 분야별 정책결정에 도움을 주는 GIS분석까지 포함하는 광범위한 사업이다. 종합GIS 구축 1단계에서는 4개 분야에 대한 사업을 수행하면서 반년 이상을 재해관리의 필요성에 대해 초점을 두어 연구하였다. 강원도 종합GIS는 매년 단계별로 확장되어가며 보다 심층적이고 폭넓게 구축되어가고 있다.

2.2.4 오사카의 방재정보시스템

오사카의 방재정보센터에서는 재해대책본부를 상설하여 기상관측정보나 피해영상 수집시스템 등 재해대책본부의 판단이나 의사결정에 유효한 방재정보시스템을 구축·운영하고 있다. 구축된 주요시스템으로는 기상 등 관측정보수집·예측 시스템, 소방국의 헬리콥터 TV 전송시스템에 의한 피해영상수집시스템, 피해정보수집시스템, 피해 등의 정보제공시스템, 의사결정시스템, 재해정보관리시스템 등으로 구성된다(행정자치부 국립방재연구소, 2003).

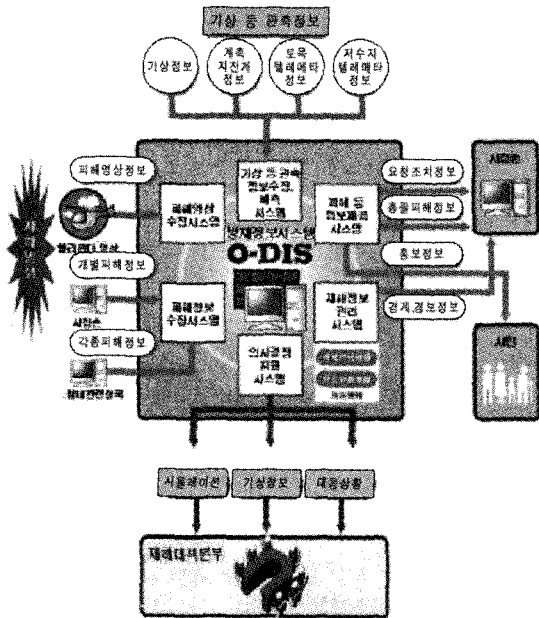


그림 1. 오사카 방재정보시스템

3. 3차원 GIS

3차원 GIS는 2차원 GIS의 지형, 건물 및 시설물 등의 X, Y 위치정보와 실제 지형(지모·지물)의 높이 정보(X, Y, Z)를 가지며, 각 객체에 따른 재질, 색상, 질감 등의 속성정보를 포함하게 된다. 따라서, 3차원 GIS는

이러한 3차원 지형공간정보를 이용해 현실세계와 유사하게 표현하고 정량적인 분석과 의사결정을 지원하는 다양한 분석기능을 수행할 수 있다. 그림 2는 3D GIS의 구축과정을 보여주고 있다.

3차원 GIS관련 기술은 1980년대부터 현재까지 2차원적 표현에서부터 3차원 지형의 가시화 및 분석 체계를 거쳐 최근 3차원 가상도시 단계까지 발전해 오고 있다(국토연구원, 2002). 3차원 GIS 구축과 관련된 주요 기술로는 3차원 객체 가시화를 위한 렌더링 기술, 대용량의 공간 객체를 참조하기 위한 검색 기술, 3차원 지형 생성기술, 3차원 건축물 모델링 기술 등이 있다.

3.1 렌더링 기술

2차원 GIS에 비해 3차원 GIS의 가장 큰 장점은 무엇보다 가시화에 있을 것이다. 따라서 건물 객체 생성기술과 함께 대용량의 객체 데이터를 표현하기 위한 렌더링 기술이 아주 중요하다. 3차원 GIS에서 렌더링의 핵심 기술로는 컬링(Culling) 기법과 다단계 상세도 기법(LOD: Level-Of-Detail)을 들 수 있다.

컬링 기법은 전체 관심지역 중에서 최종 영상에 영향이 없는 부분을 선택하여, 제거하는 기법으로써 컬링 연산을 수행한 후 결과적으로 남아있는 부분만 면과 픽셀을 처리하는 것이다. 3차원 공간상에서 그려 주어야할 면(polygon)의 개수를 최소화하는 방법인 배면 컬링(backface culling), 시점에서 전면에 커다란 객체가 있고 그 뒤에 작은 객체가 있어 작은 객체가 큰 객체에 가려진다면 작은 객체를 그리지 않는 방법의 가림 컬링(occlusion culling), 관찰자의 시점에서 보여지는 부분만을 그리고 나머지 보이지 않는 부분은 그려주지 않는 시

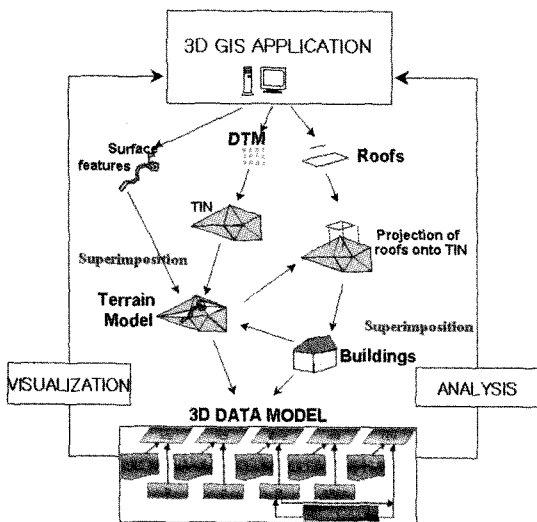


그림 2. 3D GIS 구축과정

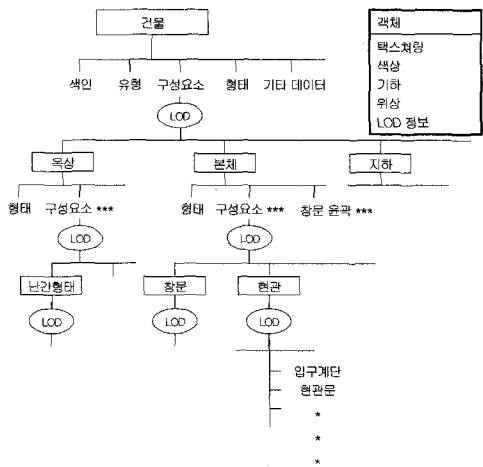


그림 3. 건물 객체 LOD 구조

제범위 컬링(view frustum culling) 등의 기법이 있다.

LOD 기법은 시점으로부터 멀리 있는 객체에 대해서는 낮은 단계의 상세도를 보여주고 가까이 있는 객체에 대해서는 높은 상세도를 보여줌으로써 멀거나 보이지 않는 객체에 대해 상세도를 낮게 표현함으로써 렌더링 속도를 향상시키는 렌더링 기법이다. 그림 3은 건물 객체의 LOD 구조도이다. LOD 기법은 단계별로 구현되어 있는 데이터의 구조를 이용해서, 시점으로부터의 거리에 따라 단계별로 필요한 데이터만을 가시화 하게 된다.

3.2 3차원 공간 객체에 대한 검색 기술

객체의 분할 방법은 공간 질의에 관련되는 구성요소들의 집합을 신속히 참조하기 위해서 매우 중요하다. 효과적인 공간 검색을 위해서는 구성요소들의 집합을 체계화 할 수 있는 효율적인 색인 구조가 필수적이다. 지금까지 MBR을 기반으로 한 색인 기법들은 많이 개발되어 있다. 이들 중 가장 유명한 기법은 R-tree와 이의 변형들(예, R+-tree, R*-tree)이라 할 수 있다.

R-tree의 특성은 다차원의 특징을 갖는 데이터를 색인하고 각 노드와 객체는 MBR(Minimum Bounding

Rectangle) 또는 MBB(Minimum Bounding Box)에 의해 표현되며 트리는 MBR들 간의 포함관계로 표현된다. 그림 4는 MBB내에 존재하는 각 객체들이 MBR들 간의 포함관계를 보여주고 있으며 그림 5는 각 객체를 색인할 때 최상위노드에서부터 하위노드까지의 구조를 보여주고 있다.

3.3 3차원 지형생성 기술

3차원의 공간정보를 제공하기 위한 모델 생성 기법으로 3D 객체 모델을 사용하고 있다. 3D 객체 모델은 CAD/CAM 및 컴퓨터 그래픽 분야에서 사용하고 있으며, X, Y 좌표 지점에 대해 복수개의 Z 값을 갖고 있다. 자료조작 및 공간분석 등 각종 연산 과정이 복잡하므로 3차원의 표면 모델링 기법을 보편적으로 사용하고 있다. 표면 모델링 기법은 연속적인 2차원 X, Y 좌표에 고도 값을 마치 속성처럼 할당하여 처리하는 방식이다.

표면 모델링은 연속적인 면을 대상으로 하지만 현실적으로 면상에 연속적으로 존재하는 모든 지점의 고도 값을 저장하기 어렵기 때문에 대표 지점만의 고도 값으로 지형을 표현하는데, 이러한 방법은 3차원 GIS에서 활용하는 DEM, TIN 등에 보편적으로 사용된다. DEM방식은 표면에 일정한 간격을 갖는 격자 구조를 설정하고 교차점 혹은 격자 셀에 2차원 형태로 좌표와 고도 값을 저장하는 레스터 방식으로 각 교차점을 이용한 격자로 보간 기법을 적용하여 인접한 격자 교차점에 고도 값을 부여하는 방식이고, TIN(Triangulated Irregular Network) 방식은 연속적인 지표면을 대상으로 굴곡의 변화가 일어나는 지점에 노드를 찍어 X, Y, Z 값을 저장하고, 가장 가까운 노드끼리 서로 연결하여 삼각형의 형태로 표면을 생성하는 방법이다.

3.4 건축물 3차원 모델링 기술

건축물이나 시설물 같은 단일 또는 몇 개의 객체로 구성되는 단위 모델링은 그 활용도나 목적에 따라 3차원 모델링에서 다양한 방법이 적용된다. 다양하고 많은 방법들 중 3차원 GIS에서는 가장 작은 용량으로 생성하는 대표적인 방법으로는 템플릿 객체로 제공되는 박스나 실린더를 직접 이용하는 방법과 직접 형태를 그린 후 입체화(Extrude)와 면(Mash) 편집을 수행하는 방법이 있다.

템플릿 객체 이용방식에서는 건축물이나 시설물의 모양이 템플릿과 유사할 경우 사용하는 방식으로, 생성되는 객체의 X(폭), Y(깊이), Z(높이)값을 정확하게 측정·입력하여 객체를 생성한다.

직접 객체를 생성하는 방식은 미리 작성된 템플릿

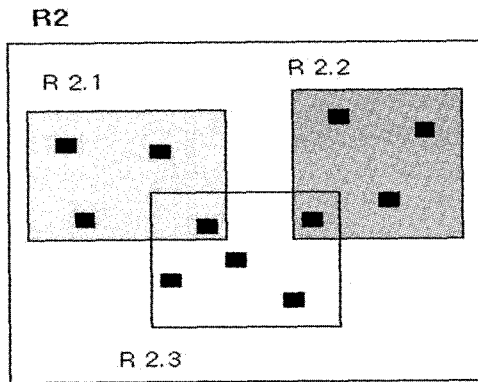


그림 4. MBR의 포함관계

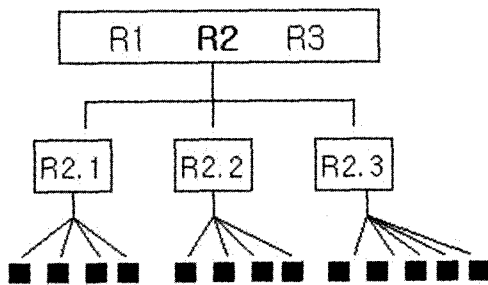


그림 5. R-Tree의 구조

(Standard Primitives)으로 모델링하기에 부적당하고 좀 더 다양하고 복잡한 형태의 객체를 만들 때 사용한다. 이때 건축물의 외형이 아무리 복잡하더라도 최소의 면으로 객체를 생성하는 방식을 선택하여 생성해야할 면의 수를 제한함으로써 GIS 자료 구축 시, 도시지역내의 다양한 건축물과 조형물을 그 형태에 가장 이상적으로 근접하게 제작을 하면서도 그로 인한 자료의 증가를 최소화하는 방식이다. 특히, 대용량의 자료처리의 제한이 있는 인터넷 환경 등에서 모델링 시현이나 분석을 수행할 때 기반이 되는 방식이다.

4. 위험도 평가 및 홍수위험지도 제작

4.1 대피위험도 평가

대규모 태풍이나 홍수, 지진과 같은 재해 발생시 주민들의 안전 확보를 위한 대피 및 구조·구난 활동의 쉽고 어려운 정도를 나타내는 대피위험도는 그 지역의 인구와 도로조건, 주변의 물리적 환경에 좌우된다. 대피인구는 지역의 토지이용과 밀접한 관련이 있으며, 도로 조건은 도로의 폭원, 교통량과 통행량, 고정된 혹은 이동이 가능한 장애물에 의해 결정된다. 또한 도로주변의 환경은 토지이용계획과 건축물의 용도, 재료, 구조, 규모, 밀도 등과 같은 개별형태에 의존한다.

위험도를 측정하기 위해서는 첫째 도로 환경을 파악하고, 둘째 재난의 영향으로 도로 환경이 어떻게 변화될 것인가를 예측하고, 셋째 얼마나 많은 사람들이 대피할 것인가를 추정해야 한다.

대피 위험도는 도로와 도로 주변의 개발현황을 고려하여 판단하게 되므로, 대피와 구난 활동을 원활하게 하기 위한 도시계획과 정비의 지침으로 이용될 수 있음은 물론, 지역별 위험도 비교를 통하여 투자의 우선순위를 결

정하는 기준자료로도 사용할 수 있다. 방재계획을 수립하는 과정에서 위험도를 평가하기 위하여 도로 등급별 분류와 면적 조사, 사용도로에 따른 건물 분류, 도로 차폐 면적, 도로 장애물, 대피인구 조사 등이 수행되어야 한다(김현주, 2002).

4.2 홍수재해지도(Flood Hazard Map) 제작

홍수재해지도는 홍수피해를 최소한으로 막기 위해, 평소에는 홍수에 대한 위험을 주민에게 알리고 방재대책을 수립하며 실제 상황발생시에는 피난활동에도 활용할 수 있도록 침수관련 정보, 피난관련 정보 등을 알기 쉽게 지도상에 표시한 것이다. 재해대상에 따라 홍수재해, 지진재해, 화산재해, 해일재해 등으로 각각의 목적에 따라 여러 기관에서 작성되고 있다.

홍수재해지도를 작성할 때 가장 기본이 되는 자료는 침수흔적도로서, 침수된 지역을 지도상에 표시한 수해흔적 조사의 결과물이다. 또한, 홍수위험도(flood risk map)는 침수가능지역을 도시한 것으로 수리·수문학적 분석에 의해 홍수 규모별 혹은 제방 파괴시 침수가능 지역을 도시한 것이다. 홍수재해지도는 크게 수치지도 레이어 추출, 추출된 레이어와 지반도 중첩 및 편집, 수집된 자료의 DB화, 하수관망 정보 입력, 속성자료 입력 등의 과정으로 제작된다. 수치지도의 표고 자료를 이용하여 3차원 지형분석과 주요 시설에 대한 DB를 구축하고 지반도의 필지별 면적자료를 이용하여 조건에 의한 조건검색에 의한 홍수피해면적을 산출할 수 있다(행정자치부 국립방재연구소, 1999).

5. 3D GIS를 이용한 홍수재해관리시스템 구축

5.1 데이터베이스 구축

본 연구의 대상지역은 강우 150-200mm의 집중호우시 상습적으로 침수피해가 발생했던 진주시 나불천 유역으로 총 유역면적이 979.86ha, 이 중 표고 23-150m 정도의 완만한 평지형태인 도시지역의 면적은 332.25ha, 임야는 617.61ha를 차지하고 있다. 도심지 내에서의 표고차는 10m, 경사도는 대부분 5°이하로 대체적으로 완만한 지형이다. 일부 공원, 학교운동장을 제외하고는 대부분 도로가 포장된 볼투수지역이며, 배수관거는 합류식 형태로서 그 중 우수관망은 유역상단부에서 $\phi 300$ mm 원형 관으로 시작되어 하류부에 $\phi 900$ mm 원형 배수관거로 이루어져 있다. 진주시의 경우 1997년 이후 년 강수량은 1,444.8mm, 1998년 1,922.6mm, 1999년 2,045.0mm로서 매년 강수량이 증가하고 있으며, 1990년 이후 1일 최대 강수량과 연속최대강수량이 점차 증가하고 있는 추세

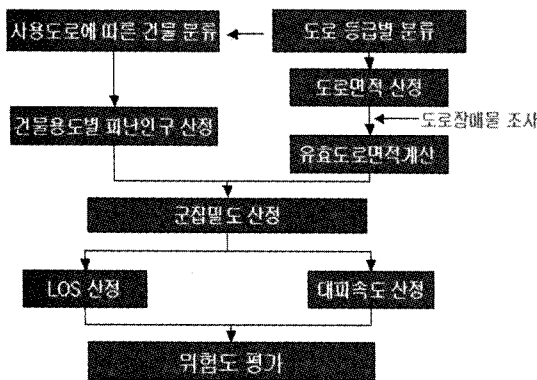


그림 6. 대피위험도 평가 절차

이다. 특히 나불천 유역의 경우 하는 지역으로서 주거지역이 주를 이루고 있다.

본 연구에서는 기본도(basemap) 구축을 위하여 수리수문 자료와 대상지역 수치지도(1/1,000, 1/5,000), 하수관망도, 토지이용도, 고해상 위성영상을 기본 자료로 활용하였으며, 문헌조사와 현장조사를 통해 얻은 자료를 바탕으로 속성자료를 구축하였다. 하수관망도 등의 수리수문학적 자료와 DEM 자료를 바탕으로 ILLUDAS모형을 사용하여 50년 빈도와 100년 빈도 강우발생시 침수가능지역을 예측하였다. 보다 현실감 있는 정보 전달과 홍수시 침수지역에 대한 입체적인 공간분석을 수행하기 위하여 본 연구에서는 ESRI사의 ArcView와 3차원 GIS 개발 도구인 한국정보통신기술의 IntraMap3D를 활용하여 대상지역에 대한 3차원 GIS 기반의 자연재해관리시스템을 구축하였다.

먼저 수치지도에서 등고선 레이어, 건물 레이어, 하천 레이어, 도로 레이어, 행정 경계 레이어를 추출하였다. 추출된 레이어들은 ArcView에서 공간 및 속성 자료를 편집하여 셰이프 파일(shape file : *.shp)로 변환하였다. 건물 레이어는 건물의 용도에 따라 레이어를 재분류하여 문헌 및 현장조사를 통해 속성 정보를 입력하였다. 또한, 추출된 등고선 레이어의 고도 값을 이용하여 불규칙삼각망(TIN : Triangulated Irregular Network)자료를 생성하고 이로부터 격자형 표고자료(grid data)를 생성하였다. TIN자료가 생성되는 과정에서 표고자료가 없는 지점은 주변 표고점들을 선형 보간하는 기법을 적용함으로써 자연스러운 DEM 자료를 생성하였다. 생성된 DEM 자료는 ASCII파일 형태로 변환하여 IntraMap3D에서 연구대상지역의 고해상도 위성영상과 결합시켰다. 이렇게 구축된

지형위에 필요한 시설물 레이어를 결합함으로써 연구 대상지역을 보다 현실감 있게 구성하였다. IntraMap3D에서 구축된 3차원 자료는 확대, 축소, 회전, 3차원 공간 북마크 기능, 속성 조건 검색기능, 3차원 공간 연산 및 분석기능, 3차원 항법 기능 등을 구현할 수 있다. 그림 7은 3D 재해관리시스템의 구축 흐름도를 보여주고 있다.

그림 8은 연구대상지역인 진주시 나불천 유역주변에 대한 2차원 지형 레이어에 고해상 위성영상을 중첩한 그림을 보여주고 있다.

연구 대상지인 나불천 유역주변의 DEM 레이어에 고해상 위성영상을 중첩하여 3차원 모형을 구축하고(그림 9), 여기에 50년 빈도와 100년 빈도의 강우발생시 예상되는 침수지역과 건물 레이어를 중첩하여 분석을 수행하였다. 대상지역이 주로 진주시 도심 일부와 녹지 및 공원지역임을 감안하여 주거지역, 상업지역, 녹지지역, 기타지역 등



그림 8. 위성영상의 중첩

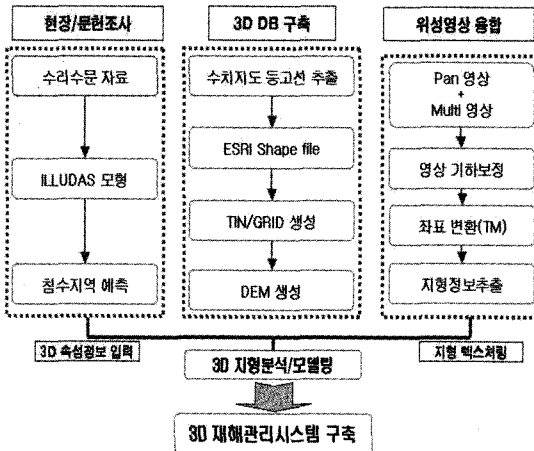


그림 7. 시스템 구축흐름도



그림 9. 연구대상지 3차원 모형 구축

4가지 용도지역으로 분류하였다. 또한, 각각의 용도별(부지내 공지가 아주 적은 상업지역 또는 유사한 주택지역의 경우 0.80, 도로는 0.90, 녹지와 공지는 0.25, 기타 불 투수 지역은 0.80)로 유출계수를 달리 부여함으로써, 연구 대상 지역의 투수 조건에 적합한 계수를 적용하여 분석하였다.

5.2 ILLUDAS 모형의 적용

본 연구에서는 도시유출모형 중 비교적 정확한 수문 해석이 가능한 ILLUDAS모형을 적용하였다. ILLUDAS 모형은 1974년 Stall & Terstriep에 의해 처음 개발되어 1984년, 1986년 개정된 모형으로 이 모형의 기본개념은 RRL모형의 방법과 같으나 불투수유역 및 투수유역의 유출량을 소유역별로 각각 구한 후 이를 합성하여 수문곡선을 얻으며, 이 수문곡선을 관거를 따라 추적·합성하여 유역 하단부에서의 총 유출수문곡선을 구하게 된다. ILLUDAS 모형은 대상유역의 구분 및 소유역별 입력 자료의 결정, 불투수지역의 유출량 계산, 투수지역의 유출량 계산, 수문곡선의 합성, 관로를 통한 홍수 추적 순으로 계산된다(유환희 등, 2002).

5.3 분석 결과 및 홍수위험지도 제작

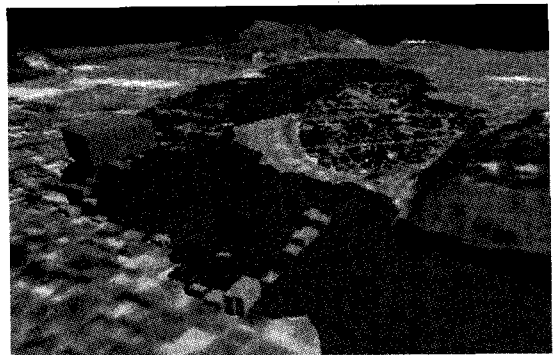
구축된 3차원재해관리시스템을 통하여 50년 빈도강수 발생시 침수지역과 100년 빈도강우발생시 침수지역을 분석한 결과 50년 빈도의 강우발생시 예상되는 총 피해면적은 262,700m², 예상 침수가옥 수는 595세대였다. 건물 용도별로는 주거용도의 침수면적이 106,100m², 상업용도

가 225m², 공공용도는 154,625m², 기타용도가 1,750m² 이었다. 100년 빈도의 강우발생시 예상되는 총 피해면적은 580,775m², 예상 침수가옥 수는 1,692세대였으며, 건물 용도별로는 주거용도의 침수면적이 313,285m², 상업용도가 29,050m², 공공용도는 233,390m², 기타 용도가 5,050m²이었다(표 1).

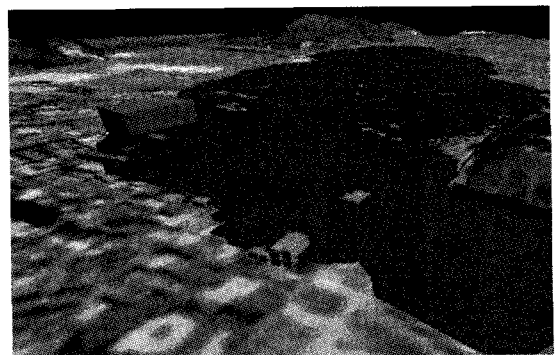
그림 11은 3차원 모형에서 50년 빈도와 100년 빈도의 강우 발생시 침수되는 지역의 현황을 보여주고 있으며,

표 1. 침수피해 예측 및 분석

구 분	50년 빈도강우	100년 빈도강우
총 피해면적	262,700m ²	580,775m ²
침수가옥 수	595세대	1,692세대
용도별 침수 현황	주거	106,100m ²
	상업	225m ²
	공공	154,625m ²
	기타	1,750m ²



(a) 50년 빈도강우시 침수예상지역



(b) 100년 빈도강우시 침수예상지역

그림 11. 침수예상지역 3차원 시뮬레이션

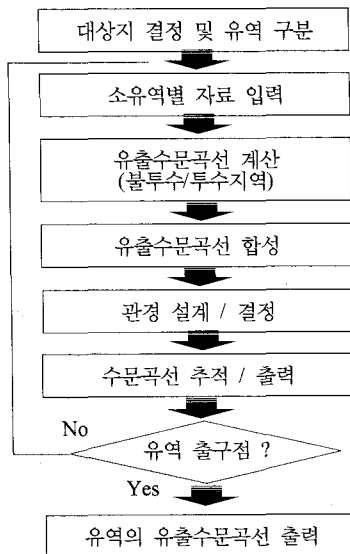


그림 10. ILLUDAS에 의한 유출모형 계산

건물 자료층을 중첩시켜 침수지역의 개략적인 토지이용 현황 정보는 물론, 3차원 시뮬레이션(simulation)을 통하여 침수되는 지역을 예상하고 위험지역과 대피시설에 대한 정보를 미리 확인함으로써, 유사시 발생할 수 있는 홍수재해에 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

그림 12는 50년 빈도의 강우발생시 침수지역의 구축된 속성 정보를 검색한 결과를 보여주고 있으며, 그림 13은 홍수 시 침수될 가능성이 있는 위험건물을 검색하여 침수예상지역 건물들이 모두 하이라이트 된 그림으로 시설물에 대한 속성정보를 검색을 통하여 대피 시설물 등을 검색할 수 있다.

침수피해위험지도는 피난대상지역, 대피장소, 대피경로 및 위험지점, 수해 시 준수사항 등을 기재하였다. 구체적인 피난경로는 강우량과 범람, 침수예상지역등을 고려하여 위험도 단계별로 표시하였으며, 대피 장소는 붉

은 색으로 표시되어 출력되도록 하였다.

그림 14(a)와 (b)는 실제 강우 50년과 100년을 기준으로 분석했을 시의 침수예상위험지도를 출력한 모습이다.

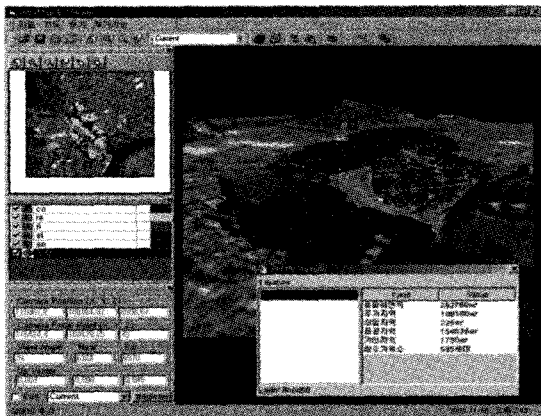


그림 12. 50년 빈도 강우발생시 침수지역 분석

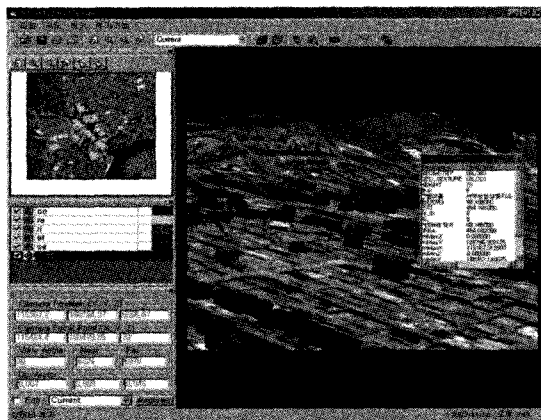
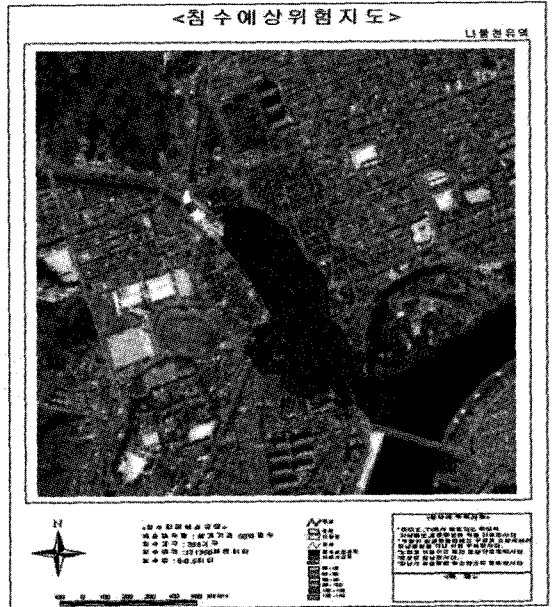


그림 13. 대피 시설물 검색



(a) 50년 빈도 강우



(b) 100년 빈도 강우

그림 14. 침수예상위험지도

6. 결 론

본 논문에서는 3D GIS를 활용하여 홍수재해로 인한 대상지역의 피해 예측과 실제 피해현황을 보다 현실에 가깝게 표현하고 침수지역 산정이나 피해현황, 대피 시설 검색 등의 입체적인 공간분석을 수행하기 위하여 3차원 공간정보 모델링과 가시화를 통한 3차원 홍수재해 관리시스템을 구축하였다. 특히, 도시지역 유출모형 분석을 위하여 ILLUDAS 모형을 적용하였으며, 정확하고 현실적인 3차원 공간 검색과 분석을 위하여 3차원 자료 모델 정립과 자료 구조에 대한 연구를 수행하였다. 이를 통하여 재해로 인한 피해지역을 입체적으로 예측하고 위험지역과 대피시설에 대한 정보를 미리 취득함으로써 사전관리뿐 만 아니라, 유사시 발생할 수 있는 홍수재해에 체계적인 대처와 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 김현주(2003), 재난시 대피위험도 산정 기준에 관한 연구, 방재연구논문집, 4권 1호, pp. 113-120.
2. 국토연구원(2002), 3차원 공간정보구축 추진계획 수립연구, pp. 9-10.
3. 어민선(2002), 반복수해지역의 산전방재효과 분석(II), 방재연구지 4권 1호, pp. 100-106.
4. 유헌희, 이민우, 이성민(2002), 도시 홍수재해관리시스템 구축, 대한토목학회논문집, 22권 3-D호, pp. 561-569.
5. 행정자치부 국립방재연구소(1999), 홍수재해 원인분석 제도화 및 홍수재해지도 작성지침 개발, pp. 48-82.
6. 행정자치부 국립방재연구소(1999), 지형공간정보체계를 이용한 재해관리방안 연구.
7. 행정자치부 국립방재연구소(2002), 2002 대홍수와 재해원인분석조사단 활동, 방재연구지 제4권 3호, pp. 6-67.
8. 행정자치부 국립방재연구소(2003), GIS를 이용한 재난관리체계 구축에 관한 연구, pp. 9-18, 201-256.
9. 행정자치부 국립방재연구소(2003), 태풍 「매미」 피해조사, 방재연구지 제5권 3호, pp. 46-54.
10. 행정자치부, 2001, 국가안전관리정보시스템, <http://ndms.mogaha.go.kr>.