

GSIS에 의한 산사태 위험지 예측기법

강 인 준*, 최 철 응**, 장 용 구**

제 1 장 서 론

우리나라는 70%산지이고 지세가 매우 복잡하다. 연강우량이 1100mm~1400mm로 비교적 많으며 이중 대부분이 6~9월에 집중하고 있다. 특히 부산지역의 지형은 동해안에 인접하여 남북방향으로 달리는 태백산맥의 남쪽꼬리부분을 접하고 있어 비교적 험준한 산세를 보이고 있다. 강수량은 '82~'91의 경우 최저 901.5mm에서 최고 2167.1mm로 매년 많은 변화가 있으며 '91년의 경우 1월에서 12월까지 월최저 2.7mm에서 월최저 699.8mm로 월간 변화가 매우 크다.

또한, 급격한 도시팽창과 국토개발에 따른 인구증가는 년 약 2~3%씩 증가함으로 임야면적은 '88~'91년에는 226,718,141.9m²에서 223,948,290.5m²으로 감소하였고 대지는 75,263,227m²에서 78,105,808m²으로 증가하였는데 이러한 개발에 따른 산지나 구릉지역에서의 자연사면에 대한 절토와 성토등이 우리 주변에 상존하고 있으며 이로 인한 산사태 발생은 증가하는 추세이다.

산사태 위험지역에 대한 정확한 기준이나 선정지침이 없는 현실정에서 해빙기에 주기적으로 각급관청에서는 소수 실무자를 중심으로 안전진단반을 편성하여 현지답사로 위험등급을 육안 산정하고 있으며 또한 산사태가 예상되어지는 지역에 대한 과학적인 분석없이 건축허가 등을 발행하는 경우도 있다. 이로 인한 인적 물적 피해도 많이 예상되어지는 데 그 예로써, 부산직할시 금정구 서4동 지역이 산사태 재해위험지역으로 선정되지 않았으나 1991년 8월 태풍 글래디스호가 동반한 집중호우로 인하여 많은 피해가 있었다.

따라서, 합리적인 관리를 위하여 보다 과학적이고 체계적인 산사태현상에 대한 분석이 있어야 하고 이를 자료기반화하여 매년 사고발생지역의 예측이 있어야 한다.

1.1 연구동향

국내의 경우 청주지역의 광역적 산사태 분석연구가 있었고, 부산 및 서울지역에 지질학적 측면에서 산사태 예상지역에 대한 광역적 산사태 분석이 있었으며 항공사진측량에 의한 산사태 분석에 관한 연구에서 사진축척 6000분의 1 흑백항공사진을 이용하여 산사태 지역의 소나무, 잡목, 나대지, 그리고 도로의 판독기법이 소개되었다. 항공사진판독에 의한 자연재해 예측에 관한 연구와 표고 자료기반에 의한 산사태 지역의 경사도와 산사태 길이 등의 빈도해석으로 산사태 위험평가를 한 연구, 항공사진의 식생판독과 그 특성에 의한 산사태 예측의 연구가 있었다.

* 부산대학교 교수

** 부산대학교 대학원 토목공학과 석사과정

항공사진측량을 이용한 지형변화의 산정에 관한 연구와 수치지형모형의 오차점검에 대한 연구에서 경사도에 대한 지형특성의 수치표현에 대한 발표가 있으며 산사태가 자주 발생하는 지역을 모델지역으로 선정하여 산사태가 발생하기 전에 토질역학적 현장관측 자료와 DTM자료, 그리고 원격탐사자료를 이용하여 사면안정해석방법으로 산사태 지도를 작성함으로써 실제 산사태가 발생한 지역과 비교한 연구가 있으며 사진측량학적 방법을 이용하여 산사태 시역에 대한 지반의 3차원 변위벡터의 해석으로 산사태에 의한 재해감소방법과 지하 비탈면의 기하학적 현상을 추정하여 지하 비탈면의 대규모 슬라이딩의 특성을 나타낸 연구가 있었다. 또한, 산사태 지역의 분포에 관한 정보구축을 위하여 ARC/INFO GIS를 이용한 사면 경사각 자료 지형자료 및 사면 활동자료의 상관관계와 빈도해석으로 산사태 지도의 제작이 있으며 식생과 토양의 깊이에 따른 다중 스펙트럴 자료의 스펙트럴 관측으로 산사태 지역의 발견에 대한 연구가 있었다. 산림지역의 사진 관측으로 경사도에 따른 수중분류로 그 분포에 대한 연구와 Vector-based GIS에서 slope line의 발견이라는 연구가 산사태 지역위치를 발견하기 위해 지형변화를 벡터방법으로 해석하여 slope line발견에 대한 연구가 있었다.

1.2 연구목적 및 범위

지형공간정보체계(GSIS)는 많은 양의 공간정보를 관리 분석하는데 있어 효과적이어서 산사태 예측에 적합하다. 부산지역에 있어서 산사태 발생 및 피해 가능성 분석을 위한 도면을 작성하고 산사태에 의한 재해 가능성을 파악함으로써 지역개발을 위한 건설사업 및 토지이용 뿐만 아니라 자자연재해에 대한 피해예방에 활용하고자 한다. 우선, 현장조사와 산사태 발생인자 발견을 위하여 연구를 하였고, 이를 자료기반화하여 개별사면에 대한 현장조사, 시료채취 및 분석, 지질공학적 분석, 토양학적 분석, 사진측량학적 분석을 실시하여 파괴사면들의 수학적 모형연구를 실시하고자 하여 보았다. 기존의 지도와 위성영상자료를 영상처리를 이용, 처리하여 대상에 대한 산사태 발생가능성을 분석하였다. 현재까지 체계적으로 이루어지지 않고 있는 기존의 피해복구위주의 연구에서 광범위한 지역의 자연재해예측 및 관리에 대한 연구에 목적을 두었다.

1.3 연구방법

본 연구에서는 항공사진과 인공위성영상을 활용하여 토지이용 및 식생분류를 원격탐측의 이론을 활용하여 획득하였으며, 등고선자료를 이용하여 경사방향 및 경사도는 지형모형화기법(terrain model)으로 획득하였고, 토양도 및 지질도를 활용하여 토양과 지질정보를 획득하여 이를 실제 좌표계인 TM좌표계로 전환하여 활용하였다. 이러한 산사태 분석시 고려된 요인들을 GIS기법을 활용하여 자료기반화 하여 각 산사태 발생인자별로 통계적 처리를 한 후 모든 발생지역에 맞는 인자들 간의 통계값을 얻었다. 이를 최적화시켜 산사태 발생지역과 미발생지역을 비교분석하여 산사태 발생 예상도를 작성하였다.

제 2 장 재해인자의 획득

산사태 발생에 영향을 주는 요인은 지형, 모암질, 토양, 지질학적 구조, 식생, 강우, 침식, 지표수, 토지이용과 인위공사에 의한 요인이 있을 수 있다. 본 연구에서는 인위적 공사에 의한 요인 보다는 자연상태의 산사태에 대한 연구에 중점을 두고 있다.

2.1 재해발생인자별 고려 및 분석

2.1.1 지형적 요인

경사, 경사방향, 표고로 나눌 수 있으며, 부산지역 10개소의 이미 발생한 곳의 현장조사를 통하여 경사도의 요소가 아주 중요한 인자로 확인되었으며, 이를 확인하기위하여 현황측량 및 1200분의 1 지형도를 지형분석하였다. 각 지역사고단면에 대한 분석을 실시하였다. 그 결과 조사지역에 있어서 경사도는 약 20-35도 사이에서 발생하였고 경사방향은 조사지역전부 남향인 경우 발생하였으며 이것은 부산지역의 태풍진로 방향이 북동향으로 진행함으로 남서방향이 북동방향으로 부분적인 집중호우가 발생할 수 있으며 일조시간차이에 의한 식생의 생육차이, 기반암의 풍화정도가 다른 이유인것으로 생각되며, 표고는 50m이하 지역은 발생한 적이 없으며 이는 대부분의 기존주거지가 완만한 산의 저면부에 형성됨으로 인한 것으로 생각된다.

2.1.2 토양 및 지질

토양학적 분류를 활용하였는데 이는 토양학적 분류내에는 충분히 통일분류법이나 AASHO분류법에 담을 내용을 포함할 뿐 아니라 모암의 특성이나 형성방식 형성장소에 화학적 물리적 성질을 담고있어 토질분류에 매우 유용하였다. 조사지역에 있어서 석토-안릉-우곡-지곡-수암-백산-장원 토양군에 속하는 경우 발생하였으며 이들의 특징은 산록경사지나 계곡주변에 분포한배수가 양호 내지 약간 양호한 자갈지역이거나 식양질내지 사양질의 봉적층 토양이었고 그 중에서도 석토층이 가장 많은 발생빈도를 보였는데 석토층은 봉적층을 모재로 한 토양이며 산록경사지에 분포되며 배수등급은 매우 양호하며 타 토층에 비교하여 얇다. 지질학적 분포는 제4계와 경상계 백암류, 마산암류 불국사 화강암류가 분포하고 있으며, 실제 1개의 지형면적이 수백km이상이 되는 경우가 많았고 동력자원부 보고서에 따르면 부산지역의 지질과 산사태간의 연관성이 적다고 되어 있고 지질구선에 따른 파쇄되, 단층들도 산사태의 영향을 줄 수 있으나 조사결과 별다른 연관성을 찾을 수 없어 고려하지 않기로 하였고, 지질구조상의 문제로 발생할 수 있는 지진 등의 요소는 부산지역에서는 발생빈도가 적으므로 고려하지 않았다.

2.1.3 식생, 강우 및 강우에 따른 침식

식생은 일반적으로 식재 후 20년이 지난 소나무 밀생지역에 발생하였으며, 이는 기존의 관념과는 상당한 차이를 이루고 있으나 수차에 걸쳐 발생지역을 방문하여 검토하여본 결과 실제 식재 20년 정도인 소나무 밀생지역에서 발생함을 알 수 있었다. 강우에 대한 고려는 산사태 발생지역이 실제로 거의 같은 조건상에서 강우강도를 받고 있으며 이로 인한 지표수의 유하에 대하여 고려를 하였으므로 제외하였고 참고로 사고발생 전후의 부산지역 기상대의 강우에 대한 통계자료에 따르면 강수량은 '82~'91의 경우 최저

901.5mm에서 최고 2167.1mm로 매년 많은 변화가 있으며 '91년의 경우 1월에서 12월 까지 월 최저 2.7mm에서 월 최고 699.8mm로 월간 변화 역시 많은 차이를 가져오고 있었고, 사고발생 전월인 6월~8월까지의 강우량은 307.3mm, 590.2mm, 699.8mm로 평년의 1년치 강우량인 약 1200mm를 넘는 강우량이 있었으며 증발량은 91.2mm, 83.5mm, 122.9mm로 평년수준의 증발량으로 사고당시 토양내에 물이 충분히 습윤 또는 포화된 상태였음을 알 수 있다.

2.1.4 지하수 혹은 지표수

지표수를 7단계로 유역면적에 따른 분류와 유하선의 합치단계로 구분하여 고려하였으며, 그 결과 유하선의 침단부에 속하는 1단계 유하선부에서 발생하였으며 일반적으로 생각하는 대유하량이 발생하는 것이 아니라 소유하량의 경우에 발생하는 경우가 일반적으로 현장조사 및 지형분석을 통하여 알 수 있었다. 지하수는 고려할 만한 시추자료나 지층자료의 미비로 고려할 수 없었다.

2.1.5 토지이용

토지이용은 원격탐사기법을 활용하였으며 본교에서 연구중인 RGB(red, green, blue)를 IHS(intensity, hue, saturate)변환을 하여 I요소에 항공사진으로 전환하여 결과를 얻었다. 이를 이용하여 해상도 증가를 가져올 수 있었으며 분석최소화 크기를 2m로 전환하여 분석하였고 분석결과 주택지를 중심으로 일반적으로 200m이내 지역에서 발생하였다. 이는 사면 저부에 해당하는 주택지의 형성으로 자연사면이 부분적으로 파괴되고 이로 인한 지표의 이동이 발생하는 것으로 생각된다.

2.2 재해발생인자 결과

산사태지역의 발생인자를 정리하면 다음과 같다.

발생요소	재해발생한 지역정도	발생요소	재해발생한 지역정도
경사도	20~35도	유하 유무	유하선 침단부
경사방향	남향 (주로 남서향)	토양	석토-안릉-우곡-지곡-수암-백산-장원토양군(석토층)
표고	40m 이상		
식생	소나무 밀식지(약20년생 정도)	토지이용	주거지에서 200m이내

제 3 장 실제 적용예

현장조사와 도상조사를 통하여 이를 GIS프로그램 상에서 최적화 시켰다. 모델지역은 부산시 동래구 일부지역으로 1200분의 1 항공측량도 30장과 항공사진 6장으로 구성되어 있으며 규모는 3×4km 지역 중 산악부 및 인접부근 까지로 하였다.

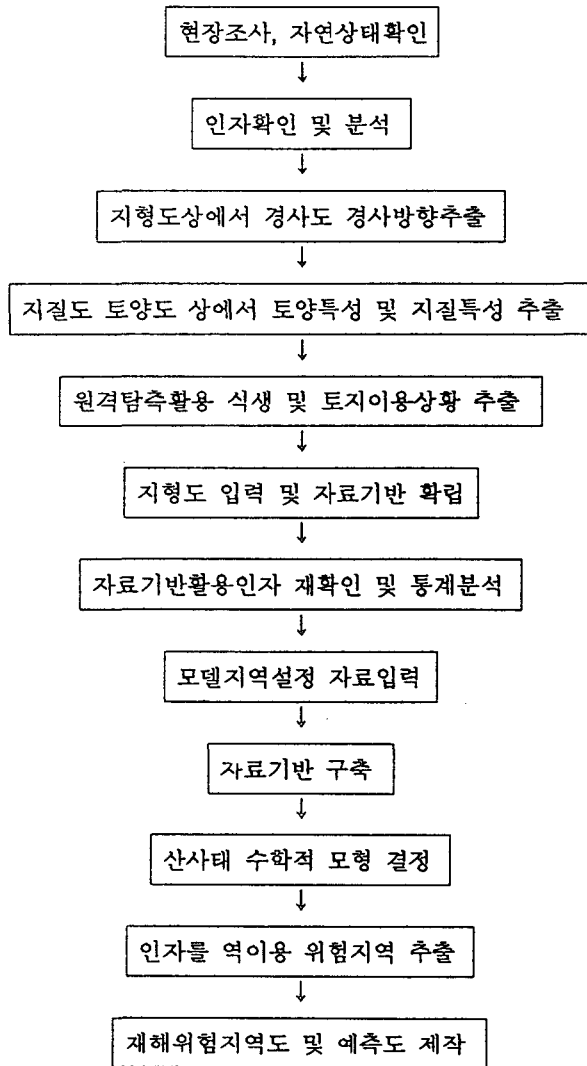
지형자료입력은 1200분의 1 항공도 중 산악부에 해당하는 15장을 디지털화하였으며 최소 등고선 간격은 5m로 하였으며 TIN모형을 형성한 후 이를 DTM모형을 형성하고

경사도, 경사방향, 유역면적, 유하유부, 유하정도를 분석하여 이를 자료기반화 하였다.

인공위성 및 사진판독은 부산시 항공사진과 landsat TM 인공위성영상을 실제좌표인 TM좌표화하여 사용하였으며 밴드 1,2,3을 사용하여 RGB영상을 만들고 이를 IHS변환을 하여 I에 항공사진을 접합하여 해상도를 증가하였으며 이를 통하여 분류도를 만들어 이를 자료기반화 하였다.

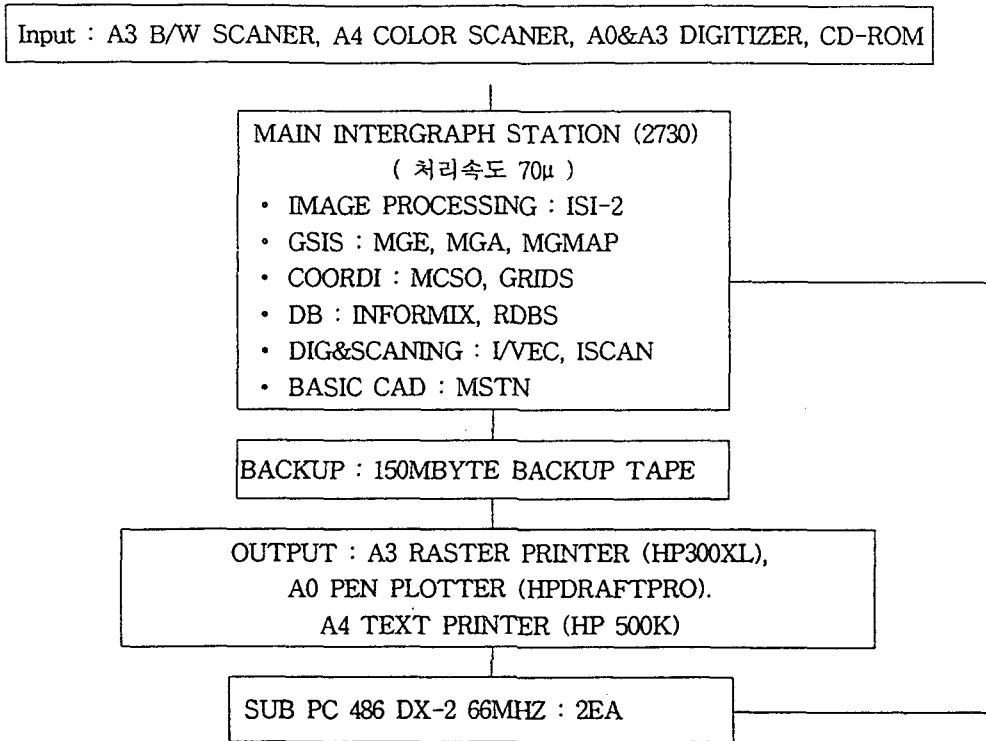
토양자료입력은 25000분의 1 농업진흥청 토양도를 이용하였으며 토성에 대하여는 농업진흥청에 문의하여 사용하였다.

전체적 해석흐름 내용은 다음과 같다.



그리고, 본 연구를 위한 시스템 중 입력장치는 디지털타이저와 스캐너, 출력장치로는 모니터와 처리장치 및 프로그램은 Intergraph 2730워크스테이션에 설치된 MGE, MGMAP, GRIDS, I/RASB, I/VEC. GEOVEC, MSPM, MSM, MGA, MGGA, ISI-2, MSTN,

MCSO의 15종의 프로그램을 사용하였으며 다음과 같다.



제 4 장 결 론

첫째, 산사태 지역의 예측에 대해 GIS 적용결과 양호한 결과를 얻었다.

둘째, 항공사진과 인공위성영상을 이용하여 1m 해상력의 산사태 위험지 예측이 가능하였다.

셋째, 산사태 발생을 위한 통계적 자료의 수집과 분석으로 발생인자의 추출을 위한 지속적인 연구가 필요하였다.

그리고, 산사태 발생지역에 대한 총체적인 자료기반구축이 필요하며 이를 통하여 다른 자연재해예측 및 사고시 응급조치능력의 향상을 기할 수 있으리라 생각한다.