

## 1. 序 論

도시개발과 인구의 증가로 인하여 土地利用이 평지에서 경사지로 이동되면서 사면에 인접하여 많은 건축물이 시공되고 있어 주택지와 인접한 사면에서의 산사태 발생시 인명 및 재산상의 손실을 초래하고 있다. 항공사진은 촬영시간대에 따른 모든 정보를 가지고 있어 이것을 데이터베이스화함으로써 시간경과에 따른 지형변화 및 토지이용의 변화를 쉽게 알 수 있다. 산사태는 비록 발생빈도는 적으나 발생시 그 피해규모는 대단히 큰 특징을 가지고 있다. 부산직할시의 경우 1991년 태풍 글래디스호의 영향으로 인한 피해의 복구비용이 약 300억원 소요되었으며 산지가 많은 지역은 이와 유사한 피해가 있어 그 재해예측에 따른 사전의 방재 필요성이 크다는 것을 알 수 있다. 산사태 위험평가는 한지역을 대상으로 하지 않고 넓은 지역에 걸쳐 수행해야 하기 때문에 위치, 시간, 그리고 공간적 변화특성을 알아내야 한다. 위치의 특성을 나타내기 위하여 토질특성, 경사도, 기저암의 형태, 우수조건, 그리고 산사태 발생 이전의 식물분포 등 다중통계방법을 채택하고 그 상관관계를 이용하여 도식화하고 특성에 따른 지도제작을 하여야 한다. 산사태의 위험도 해석을 위한 현장관측의 경우 많은 인력을 필요로하고 그 진행상태가 급속히 발생하는 산사태의 경우에 더욱 관측하기란 어려우며 광범위 지역에는 적용시키기 어렵고 넓은 지역을 개괄적으로 볼 수 있는 지형조건지도의 제작과 산사태 위험평가를 위한 지빈거동을 조사하기 위해 원격탐사 방법을 채택하여 평가하는 것이 효율적이다. 그리고, 항공사진을 판독할 경우 사진판독요소인 색조, 질감, 형상, 크기, 음영의 6가지 요소와 상호위치관계 및 과고감 등을 이용하여 식생도를 만들 수 있는 정보의 수집이 가능하고 산불, 산사태, 곤충이나 질병 등에 의한 피해평가에도 사용할 수 있다.<sup>1)2)3)</sup>

### 1.1. 研究同向

지금까지의 연구동향을 보면 원격탐사 데이터, 항공사진의 지형정보 등을 이용하여 토지이용에

---

\* 釜山大學校 土木工學科 副教授

\*\* 釜山大學校 大學院 土木工學科 碩士課程

\*\*\* 釜山大學校 大學院 土木工學科 碩士課程

관한 분류기법과 그에 따른 환경영향분석 및 재해예측에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 외국의 경우 지형공간정보체계를 이용한 야생동물 서식지의 모델화<sup>4)</sup>와 사진판독에 의한 삼림분석에 관한 연구<sup>5)</sup> 등 각종 분류기법에 대한 연구가 있었으며 산사태가 자주 발생하는 지역을 모델지역으로 선정하여 산사태 발생전의 토질역학적 현장관측데이터와 DTM 데이터와 원격탐사 데이터를 이용하여 사면안정해석방법으로 산사태 지도를 작성하므로써 실제 산사태가 발생한 지역과 비교한 연구<sup>6)</sup>, vector-based GIS에서 slope line의 발견이라는 연구에서 산사태 지역 및 퇴적지 위치를 발견하기 위해 벡터방법으로 지형해석을 하여 slope line을 발견하는 연구<sup>7)</sup>, 산사태지역의 분포에 관한 정보구축을 위해 ARC/INFO GIS를 이용한 사면의 경사각 데이터와 지형 데이터, 그리고 사면활동 데이터의 상관관계 및 빈도 해석으로 산사태 지도의 제작<sup>8)</sup>이 있었다. 국내의 경우 인공 위성영상을 이용한 토지정보시스템의 자료처리기법 개발<sup>9)</sup>, 그리고 항공사진측량을 이용한 낙동강 하구의 1979년과 1987년을 비교한 환경영향 평가 기법에 관한 연구<sup>10)</sup>가 있었다. 항공사진 판독에 의한 자연재해 예측에 관한 연구<sup>11)</sup>가 있었으며, 그리고 산사태가 발생한 지역에서 강우-산사태의 관계를 통계적으로 계산하여 산사태지역의 특성을 해석한 연구<sup>12)</sup>, 산사태 지역의 등고선 특성과 표고 데이터를 데이터베이스화 하여 산사태 지역의 경사도와 표고와의 빈도를 이용한 경증을 해석으로 산사태 지역을 발견하는 연구 및 항공사진 판독을 이용한 산사태 지역의 특성 발견을 위한 연구<sup>13)</sup>가 있었으며, 토질분야에서는 산사태의 해석을 흙의 평형상태를 역학적인 계산방법에 의한 연구가 활발히 진행되고 있으나 광범위한 방재개념의 산사태 예측연구는 미흡한 단계이다.

이와같이 情報의 獲得과 그 利用에 있어 遠隔探査 데이터와 航空寫眞 情報를 사용하는 이유는 원격탐사 방법으로 획득된 여러 다양한 정보들은 촬영시간대에 따른 각종 정보를 가지고 있다는 것이다. 이러한 항공사진 지형정보를 이용하여 통계적 가중치 문제를 적용하여 산사태 발생에 대한 예측을 하고자 한다.

## 1.2. 研究目的

자연재해중 산사태에 대한 부분적인 많은 연구가 진행되고 있으나, 일반적으로 산사태가 발생하는 지반은 균일하거나 단순하지 않기 때문에 발생체계의 명확한 파악이 어렵다. 대부분의 산사태는 土質特性, 傾斜度, 雨水條件, 植生등 많은 요인에 의해 발생되고 있으므로 이를 GIS 기법을 이용하여 대규모 지역의 산사태 위험지도를 작성하고자 한다.

## 2. 航空寫眞 空間情報의 데이터베이스

地形空間情報는 분류, 값, 명칭 등과 같은 실제의 현상과 공간위치, 그리고 시간의 특성을 갖고 있다. 地形空間情報資料의 형태를 나타내는 공간위치는 점, 선, 그리고 다각형, 격자와 같은

면이며 특성자료는 변환, 분류, 값, 명칭 등이다. 공간표현을 위한 지형자료기법은 형상자료, 면적단위 자료, 기하학적 망자료, 표본자료, 지표면자료, 그래픽 기호자료로 나누며 일반적으로 점, 선, 다각형은 경/위도, XY좌표로 지도를 정의하는데 사용하며 지도에서는 대부분 경/위도와 같은 x, y직교좌표를 이용하여 정의한다. 직교좌표계는 일반적으로 공간적 위치의 다양한 성질을 해석하고 공간적 위치를 측정하는 도구로 사용된다. 이 정보들은 x, y좌표 형태에서 실측값을 이용하는 방법과 점과 선의 관계, 네트워크, 다각형 조정과 요소근접 등으로 지형적 형상을 공간적으로 정의하여 이용하는 방법이 있다. 지형데이터를 공간적으로 정의하기 위한 방법으로는 각 셀에 대한 지형자료를 코드화하는 방법, 연결점, 선분, 다각형을 지형 코드화하는 방법, 측량자료를 입력하는 방법, 점, 선, 다각형의 디지털링 방법, 데이터 관측시 자동입력(인공위성 자료의 영상처리)하는 방법, 선분의 자동추적 방법, 그리고 광학스캐닝 방법 등이 있다. 데이터 검색을 위해 브로우, 윈도우, 쿼리 윈도우 생성기능이 있고 지도생성을 위한 선좌표 티닝, 드롭라인, 어지매칭, 다각형 티닝의 4가지 기능이 있으며 지도추출을 위한 중심점 계산, 부정규칙 데이터에 의한 자동 등고선 작성, 프록시말 매핑, 다각형의 재분류, 정규격자에 대한 평면좌표 위치데이터의 변환의 5가지 기법이 있다. 주어진 지도에서 평면좌표를 조작하는 기법에는 축척변경, 외곽제거, 도법변경, 좌표변환 및 전이 등이 있으며 버퍼생성은 데이터뱅크의 점, 선, 다각형으로 부터 새로운 다각형을 생성시킨 것이다. 또한, 다각형 중첩과 분해기법은 새로운 데이터 세트를 생성시키기 위하여 하나 또는 여러장의 지도를 조합 또는 추출하는 것이다. 일반적으로 점, 선, 면적, 체적의 4가지를 측정하며 격자셀 분석은 격자셀 데이터를 이용하여 해석한다. 수치지형 해석은 수치지형모델에서 여러가지의 계산이 가능하며 계산결과로 격자 보간법 결정, 종단도 작성, 유역면적 산정, 경사도/경사방향 결정, 자동 등고선 제작, 3차원 재현을 할 수 있으며, 지도, 통계표, CRT 디스플레이, 계산된 데이터 화일로 출력할 수 있다.<sup>14)</sup>

### 3. 적용예

#### 3.1 모델지역

모델지역은 부산직할시 동래구 사직동에 있으며 1991년 8월 태풍 글래디스호의 영향으로 산사태가 발생한 지역으로 국립지리원에서 발표한 수치지도 작성규칙 표준코드 3590117A7지역이며, 그림 1은 모델지역의 3차원 지형도이다.

#### 3.2 경사도 및 경사방향 분석

모델지역의 경사도분석을 하기 위해 1991년 태풍 글래디스호의 영향으로 부산에서 발생한 총

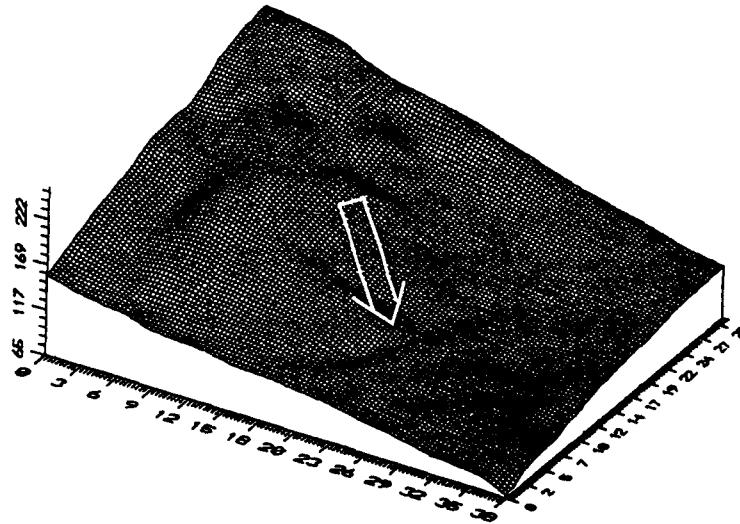


그림 1. 모델지역의 3차원 지형도

40 여지역 중에서 10지역을 선정하여 통계적인 방법에 의한 가중치 해석에 의해 경사도 분석을 하였다. 그림 2는 모델지역의 등고선을 나타내고 있으며 지도의 오른쪽 아래에 있는 사각형은 가속을 나타내고 있다. 산사태가 길이 100-150 미터의 규모로 가장 많이 발생하고 있으며 현재까지의 개발제한표고인 100 미터를 기준으로 200미터까지의 지역을 가장 위험한 지역으로 나타낼 수 있으며 200에서 250 미터까지 2차 위험지역으로 선정할 수 있다. 그림 3은 표고 100-200 미터까지를 위험범위로 지정한 표고에 따른 위험지도이다. 그림 4는 모델지역의 경사도 방향을 분석하여 20-30 도의 경사도를 가지고 있는 지역을 나타내는 지역을 표시하여 등고선과 표고에 따른 위험지도와 중첩하여 경사도에 따른 위험지도이며 경사도 분석에서 발견된 위험지역에서 일정한 규모로 동일한 경사방향을 가지는 지역을 발견하기 위해 경사도와 경사방향을 중첩하여 나타낼 수 있다. 그림 5는 표고, 경사도, 경사방향에 대한 위험지도를 중첩하여 나타낸 GIS에 의한 산사태 위험지도를 나타내고 있다.

### 3.3 비교분석

표고를 데이터베이스화하여 경사도와 경사방향 분석에 의한 가중치 해석과 중첩방법에 의해 위험지역들을 선정할 수 있다. 모델지역의 DTM 데이터 추출을 위해 등고선의 디지털링에 의한 방법과 격자방안에 의한 방법을 각각 사용하였다. 격자방안 방법으로 데이터를 입력할 경우 격자 간격 10 미터로 축척 1:1,200한 도엽을 2인 1조가 되어 입력할 경우 약 3.3 시간이 소요되었으며

디지털화 할 경우 약 1시간이 소요되었다. 그러므로 부산시 전체의 표고를 입력하기 위해 격자 방안방법을 이용할 경우 900일이 소요되며 디지털화에 의해 입력할 경우 약 650일이 소요된다. 그러나 디지털화 방법은 프로그램에 의해 격자간격을 임의로 선택할 수 있어 시간적으로 많은 이점이 있다. 또한, 표고 데이터베이스에 의한 표고, 경사도 및 경사방향 분석에 의해 각각의 위

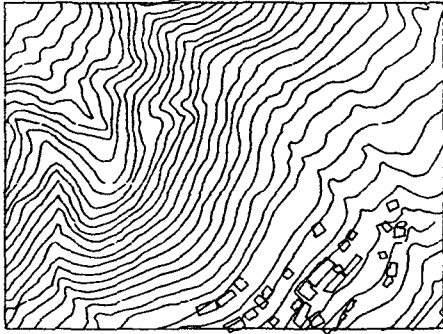


그림 2. 모델지역의 등고선



그림 3. 표고에 따른 위험지도

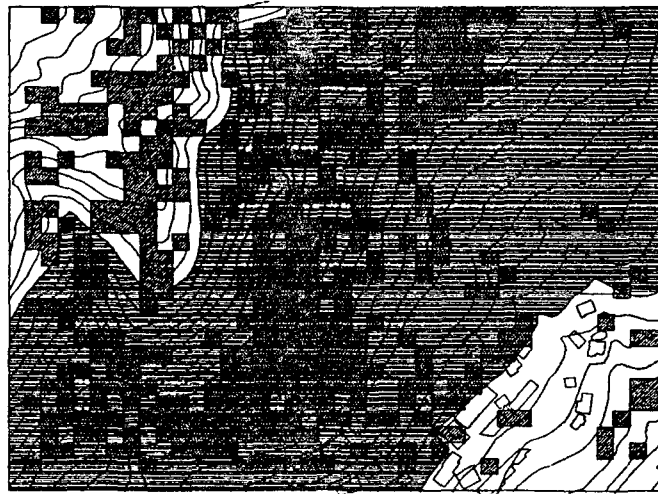


그림 4. 모델지역의 경사도 지도

험지도를 작성할 수 있으며 GIS의 중첩기법을 사용할 경우 지금까지의 단순한 현장답사에 의한 위험등급 선정과 관리보다 과학적인 방법으로 위험지를 선정 할 수 있다. GIS를 이용하여 작성된

대략적인 위험지도에서 4 곳이 위험한 지역으로 나타났으며, “가”지역은 실제 산사태가 발생한 지역이다. 실제 산사태가 발생한 지역과 비교한 결과 조금의 차이는 있으나 산사태의 발생원인이 복잡하고 다양한 점을 고려할 경우 상대적으로 인접된 위험지역을 선정할 수 있고 선정된 지역의 정밀 조사 및 평가한다면 정도 높은 위험지를 선정할 수 있을 것이다. 또한 지질 및 토양조건, 유역면적, 식생, 그리고 인접한 고층건물 등의 요소에 따른 위험지도를 추가로 중첩할 경우 좀더 정확한 위험지도가 작성되리라 생각한다.

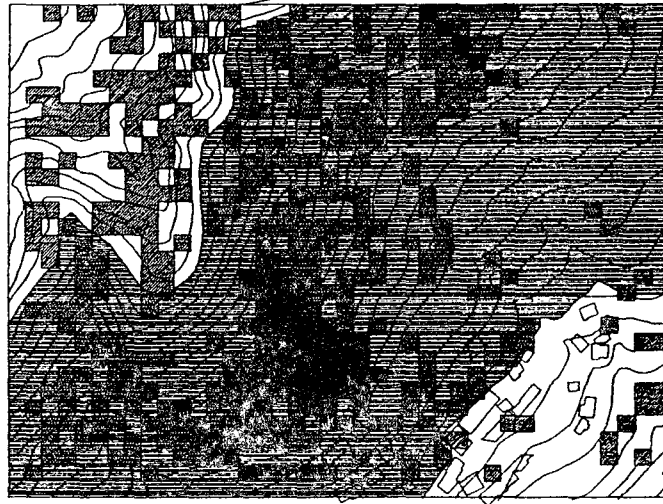


그림 5. 모델지역의 산사태 위험지도

#### 4. 結 論

GIS 技法을 이용한 산사태 위험지도 작성에 관하여 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 첫째, 지금까지의 단순한 관측에 의한 산사태 위험지 선정 개념에서 산사태 발생특성을 고려한 분석에 따른 GIS의 중첩기법을 이용할 경우 산사태 위험지도를 작성할 수 있었다.
- 둘째, 1:1,200 항측도를 이용할 경우 부산시 전지역에 대한 DTM 데이터 입력을 위해 디지털화 방법을 이용할 경우 격자방안 방법보다 28% 입력시간이 단축되었다.
- 셋째, 항공사진, 인공위성 영상을 이용하여 유역면적, 토지이용, 지질, 토양 등의 다중요소를 추가로 중첩할 경우 산사태 예측효과가 크다고 생각된다.

## 参 考 文 献

1. J.Mackean, S.Buechel, L.Gaydos, "Remote Sensing and Landslide Hazard Assessment", PE & RS, vol.57, No.9, 1991, pp.1185-1193
2. Paul R. Wolf, Elements of Photogrammetry, 2/e, MGH, pp.514-529
3. 유복모, 사진측정학, 문운당, 1992, pp.73-76
4. Jose M.C.Pereira, Robert M.Itami, "GIS-Based Habitat Modeling Using Logistic Multiple Regression:A Study of the Mt.Graham Red Squirrel", PE & RS, vol.57, No.11, 1991, pp.1475-1486
5. William D.Hudson, "Photo Interpretation of Montane Forests in the Dominican Republic", PE & RS, vol.57, No.1, 1991, pp.79-84
6. Masataka TAKAGI, Shunji MURAI, Takashi AKIYAMA, "Generation of Land Disaster Risk Map from LANDSAT TM and DTM data", ISPRS, 1992, pp.754-759
7. Yue Hong Chou, "Slope-Line Detection in a Vector-Based GIS", PE & RS, vol.58, No.2, 1992, pp.227-233
8. Peter A.Kingsbury, Wayne J.Hastie & Andrew J.Harrington, "Regional landship hazard assessment using a Geographic Information System", 1991, pp.995
9. 강인준, "인공위성 영상을 이용한 토지정보시스템의 자료처리 기법 개발", 한국측지학회지, 제10권, 제 1호, 1992, pp.115-118
10. 강인준, "항공사진을 이용한 사전과 사후의 환경영향평가 기법", 대한토목학회논문집, 제9권, 제2호, 1989, pp.91-98
11. 강인준, 광재하, 정재형, "항공사진 판독에 의한 자연재해 예측을 위한 기초적 연구", 한국측지학회지, 제10권, 제2호, 1992, pp.57-62
12. 김영수, "사면안정의 확률론적 해석", 대한토목학회 논문집, 제8권, 제3호, 1988, pp.85-89
13. 강인준, 이홍우, 광재하, 정재형, "표고 데이터베이스에 의한 산사태 위험평가의 기초적 연구", 대한토목학회논문집, 제 13권, 제 2호, 1993, pp.211-218
14. Donna J. Peuquet, Duane F. Marble, Introductory readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis, 1990, pp.30-51